

TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

DOMINGOS MIGUEL FERNANDES FERREIRA DE ABREU

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL - ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Vasco Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha Família

Uma pessoa inteligente resolve um problema, um sábio previne-o.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Vasco Peixoto de Freitas, pela disponibilidade, orientação, esclarecimento de dúvidas e ajuda prestados.

Aos meus amigos pelo apoio e companheirismo ao longo do meu percurso, tanto nos momentos de trabalho como nos momentos de descontração.

A toda a minha família, pelo apoio e incentivo para trabalhar para atingir os meus objetivos, e de certa forma me mostrar que realmente vale a pena lutar pelo que gostamos, aproveitando os bons momentos sem deixar escapar oportunidades que possam surgir.

À Mariana, por estar sempre presente e disponível para dar a sua opinião, sugestões e pela paciência ao longo não só deste trabalho, mas também de todo curso.

À minha irmã Bruna, pela companhia e colaboração nos momentos de descontração.

Por último, aos meus Pais, pelo apoio, compreensão e companhia ao longo da minha vida e, principalmente por fazerem de mim o que sou hoje e sempre me ensinarem a trabalhar e lutar para atingir os meus objetivos.

RESUMO

A atual crise económica em Portugal afetou de forma significativa o setor da construção, que de certa forma impulsionou o crescimento da reabilitação de edifícios. O poder de compra da maioria da população é baixo, insuficiente para procura de novas habitações, mas continua a existir procura por qualidade de vida. Para dar resposta a esta procura, começam a emergir no mercado as empresas de reabilitação.

A avaliação do edifício é a primeira etapa de intervenção, deve ser realizada de forma a atender o estado de conservação em que se encontra, a sua importância arquitetónica e a relevância das patologias apresentadas, para que seja realizado um correto planeamento da reabilitação.

Na abordagem aos edifícios para reabilitar, os profissionais da área de Engenharia Civil devem possuir conhecimento das técnicas experimentais de diagnóstico existentes e, dessa forma, realizar uma inspeção dos edifícios mais objetiva para deteção e monitorização das anomalias, avaliando os seus efeitos para o futuro das construções.

Esta dissertação tem por objetivo contribuir para a divulgação de algumas dessas técnicas experimentais de diagnóstico, possíveis de aplicar no edifício a reabilitar. Dessa forma, foi feita uma análise de várias técnicas de diagnóstico no campo da inspeção e da monitorização. Este contributo materializa-se sob a forma de um Catálogo de Fichas de Diagnóstico em Engenharia Civil, que permite uma consulta rápida e expedita acerca de cada técnica de diagnóstico. Exemplificando-se ainda a sua aplicação, na inspeção e avaliação de um caso de estudo, o conjunto de edifícios que constituem o Bairro de Lordelo.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação, Inspeção, Patologias, Edifícios, Catálogo de Fichas de Diagnóstico.

ABSTRACT

The current economic crisis in Portugal significantly affected the construction sector, which somehow drove the growth of building rehabilitation. Purchasing power of the majority of population is low and insufficient to search for new housing, but there is still demand for quality of life. To meet this demand, rehabilitation companies are emerging to the market.

The evaluation of the building is the first step for intervention and should be carried in an organized manner, from the point of view of state of conservation, its importance and relevance to architectural character and pathologies presented, to carry out a correct planning for rehabilitation.

In the approach to rehabilitate the buildings, the Civil Engineering professionals must possess knowledge of the experimental techniques existing for diagnostic, and in this way to perform an inspection of buildings with more objective detection and monitoring of anomalies, evaluating its effects for the future of buildings.

This thesis has the objective contribute to the dissemination of some of these experimental techniques of diagnosis, possible to apply in rehabilitating the building. Therefore, an analysis performed for various diagnostic techniques for inspection and monitoring. This contribution materialized in the Catalog of Diagnostic Sheets for Civil Engineering, which allows a quick and expeditious consultation about each diagnostic technique. As an example of its application was the inspection and evaluation of a case study, a set of buildings that that constitute the Bairro de Lordelo.

KEYWORDS: Rehabilitation, Inspection, Pathologies, Buildings, Diagnosis Sheets Catalog.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
2. DESCRIÇÃO DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL	5
2.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	5
2.2. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL.....	5
2.2.1. TÉCNICAS DE PERCEÇÃO SENSORIAL.....	6
2.2.1.1. TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS	6
2.2.1.2. TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO	6
2.2.2. TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA.....	7
2.2.2.1. ENSAIO COM DILATÓMETRO	7
2.2.2.2. ENSAIO DE ARRANCAMENTO POR TRAÇÃO – <i>PULL-OFF</i>	7
2.2.2.3. ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO – <i>MARTINET BARONNIE</i> OU <i>CHOQUE DE ESFERA</i>	8
2.2.2.4. ENSAIO DUPLO COM MACACOS PLANOS (DETERMINAÇÃO DA DEFORMABILIDADE)	8
2.2.2.5. ENSAIO ESCLEROMÉTRICO – ESCLERÓMETRO DE <i>SCHMIDT</i> E PENDULAR.....	8
2.2.2.6. ENSAIO SIMPLES COM MACACO PLANO (DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO)	8
2.2.2.7. TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA – <i>RESISTOGRAPH</i>	8
2.2.2.8. TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ARGAMASSA - MÉTODO DE ARRANCAMENTO DE HÉLICE.....	9
2.2.2.9. TÉCNICA DE EXTRAÇÃO E ENSAIO DE CAROTES	9
2.2.3. TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELÁSTICAS	10
2.2.3.1. ENSAIO DE INTEGRIDADE DE ESTACAS DE BETÃO - MÉTODO SÓNICO	10
2.2.3.2. ENSAIO DE TOMOGRAFIA SÓNICA NA ALVENARIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE HETEROGENEIDADES E DEFICIÊNCIAS... ..	11
2.2.3.3. ENSAIO DE ULTRASSONS	11
2.2.4. TÉCNICAS DE DETEÇÃO E ANÁLISE DAS VIBRAÇÕES	12
2.2.4.1. ANÁLISE E MONITORIZAÇÃO DE VIBRAÇÕES EM ESTRUTURAS	12
2.2.4.2. MONITORIZAÇÃO DE VIBRAÇÕES POR MEIO DE MICRO SISMÓGRAFO	13

2.2.5. TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	13
2.2.5.1. TÉCNICA DA RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO (TAXA DE CORROSÃO EM ARMADURAS)	13
2.2.5.2. TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO – INDICADOR DE FENOLFTALEÍNA	14
2.2.5.3. TÉCNICA DE MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS (DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS)	14
2.2.5.4. TÉCNICA DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SAIS – <i>KIT</i> DE CAMPO E FITAS COLORIMÉTRICAS	14
2.2.6. TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	15
2.2.6.1. ENSAIO TERMOGRÁFICO	17
2.2.6.2. PROSPEÇÃO GEOFÍSICA POR TECNOLOGIA DE RADAR	15
2.2.7. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MATERIAIS E ESTRUTURAS	16
2.2.7.1. ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	16
2.2.7.2. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO – TUBO DE <i>KARSTEN</i>	16
2.2.7.3. ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA	17
2.2.8. TÉCNICAS DE EFEITOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS	17
2.2.8.1. TÉCNICA PARA DETECÇÃO DE ARMADURAS E AVALIAÇÃO DO DIÂMETRO E RECOBRIMENTO	18
2.2.9. TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO	18
2.2.9.1. TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS – <i>FISSURÓMETRO</i>	19
2.2.9.2. TÉCNICAS DE REGISTO DE CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS.....	19
2.2.10. OUTRAS TÉCNICAS	19
2.2.10.1. ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA	19
2.2.10.2. ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO - <i>BLOWER DOOR</i>	19
2.2.10.3. ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA.....	20
2.3. ANÁLISE CRÍTICA	20

3. ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	23
3.2. ESTRUTURA DO CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO	23
3.3. ESTRUTURA DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO	24
3.3.1. REFERÊNCIA	25
3.3.2. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA	26
3.3.3. DESCRIÇÃO	26
3.3.4. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	26
3.3.5. PROCEDIMENTO DE ENSAIO.....	26
3.3.6. EQUIPAMENTO	26
3.3.7. CUSTO	27
3.3.8. DIFICULDADE	27
3.3.9. EXPRESSÃO DOS RESULTADOS.....	28
3.3.10. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	28

3.3.11. DOCUMENTOS NORMATIVOS	28
3.3.12. VALORES DE REFERÊNCIA.....	28
3.4. ELABORAÇÃO DA FICHA DE DIAGNÓSTICO 19 – FICHA 9.2	28
3.4.1. PROCESSO DE ELABORAÇÃO	29
3.4.2. DESCRIÇÃO E PRINCÍPIO DA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO	29
3.4.3. NORMAS APLICÁVEIS	30
3.4.4. REGISTO E MONITORIZAÇÃO DE CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS	30
3.4.4.1. <i>DATALOGGERS</i>	30
3.4.4.2. TERMO-HIGRÓMETRO	30
3.4.4.3. EXPRESSÃO DOS RESULTADOS	32
3.4.4.4. DIFICULDADE/CUSTO DA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO	32
3.4.4.5. EXEMPLO DE EMPRESAS QUE REALIZAM AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROSCÓPICAS	33
3.4.5. VALORES DE REFERÊNCIA	33
 4. CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL.....	35
4.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	35
4.2. FICHAS DE DIAGNÓSTICO	35
4.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CATÁLOGO.....	82
1.FICHA 1.1 – TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS	82
2.FICHA 1.2 – TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO	82
3.FICHA 2.1 – ENSAIO DE ARRANCAMENTO POR TRAÇÃO – <i>PULL-OFF</i>	82
4.FICHA 2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO – <i>MARTINET BARONNIE</i> OU CHOQUE DE ESFERA	83
5.FICHA 2.3 – ENSAIO DUPLO COM MACACOS PLANOS (DETERMINAÇÃO DA DEFORMABILIDADE)	83
6.FICHA 2.4 – ENSAIO ESCLEROMÉTRICO – ESCLERÓMETRO DE <i>SCHMIDT</i> E PENDULAR	84
7.FICHA 2.5 – ENSAIO SIMPLES COM MACACO PLANO (DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO).....	83
8.FICHA 2.6 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA – <i>RESISTOGRAPH</i>	84
9.FICHA 3.1 – ENSAIO DE ULTRASSONS	84
10.FICHA 5.1 – TÉCNICA DE RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO (TAXA DE CORROSÃO EM ARMADURAS)	85
11.FICHA 5.2 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO – INDICADOR DE FENOLFTALEÍNA	85
12.FICHA 5.3 – TÉCNICA DE MEDIÇÃO DE POTENCIAIS ELÉTRICOS (DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS).....	86
13.FICHA 5.4 – TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SAIS – <i>KIT</i> DE CAMPO E FITAS COLORIMÉTRICAS	86
14.FICHA 6.1 – ENSAIO TERMOGRÁFICO.....	86
15.FICHA 7.1 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE.....	87
16.FICHA 7.2 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO – TUBO DE <i>KARSTEN</i>	87
17.FICHA 7.3 – ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	88
18.FICHA 9.1 – TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS – FISSURÓMETRO	88
19.FICHA 9.2 – TÉCNICAS DE REGISTO E MONITORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS.....	88
20.FICHA 10.1 – ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA.....	89

21.FICHA 10.2 – ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO – <i>BLOWER DOOR</i>	89
22.FICHA 10.3 – ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA	90

5. APLICAÇÃO DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO A CASO DE ESTUDO.....91

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	91
5.2. O BAIRRO DE LORDELO	91
5.3. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DOS EDIFÍCIOS	92
5.3.1. COBERTURAS	92
5.3.2. PAREDES.....	94
5.3.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	95
5.3.4. LAVANDARIAS	96
5.3.5. CAIXAS DE ESCADA	97
5.3.6. VENTILAÇÃO	97
5.4. APLICAÇÃO DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO	98
5.4.1. FICHA 1.1 – TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS.....	100
5.4.2. FICHA 1.2 – TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO.....	100
5.4.3. FICHA 2.1 – ENSAIO DE ARRANCAMENTO POR TRAÇÃO – <i>PULL-OFF</i>	101
5.4.4. FICHA 2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO – <i>MARTINET BARONNIE</i> OU CHOQUE DE ESFERA	102
5.4.5. FICHA 2.4 – ENSAIO ESCLEROMÉTRICO – ESCLERÓMETRO DE <i>SCHMIDT</i> E PENDULAR	102
5.4.6. FICHA 2.6 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA – <i>RESISTOGRAPH</i>	102
5.4.7. FICHA 3.1 – ENSAIO DE ULTRASSONS	103
5.4.8. FICHA 5.1 – TÉCNICA DE RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO (TAXA DE CORROSÃO EM ARMADURAS)	103
5.4.9. FICHA 5.2 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO – INDICADOR DE FENOLFTALEÍNA.....	103
5.4.10. FICHA 5.3 – TÉCNICA DE MEDIÇÃO DE POTENCIAIS ELÉTRICOS (DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS).....	104
5.4.11. FICHA 5.4 – TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SAIS – <i>KIT</i> DE CAMPO E FITAS COLORIMÉTRICAS.....	104
5.4.12. FICHA 6.1 – ENSAIO TERMOGRÁFICO	105
5.4.13. FICHA 7.1 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	105
5.4.14. FICHA 7.2 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO – TUBO DE <i>KARSTEN</i>	105
5.4.15. FICHA 7.3 – ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA	106
5.4.16. FICHA 9.1 – TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS – FISSURÓMETRO	106
5.4.17. FICHA 9.2 – TÉCNICAS DE REGISTO E MONITORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS	107
5.4.18. FICHA 10.1 – ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA	107
5.4.19. FICHA 10.2 – ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO – <i>BLOWER DOOR</i>	108
5.4.20. FICHA 10.3 – ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA.....	109
5.5. TABELA DE RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS E TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO	110

6. CONCLUSÃO..... 111

6.1. CONCLUSÕES	111
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	112
BIBLIOGRAFIA	113

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 – Ensaio com o dilatómetro [6].....	7
Figura 2 – Método de arrancamento de hélice em parede de alvenaria [10].	9
Figura 3 – Caroteadora e exemplo de extração de carote [11] [12].	10
Figura 4 – Exemplo de carote extraída [13].	10
Figura 5 – Avaliação da integridade de estacas por método sónico [14].	11
Figura 6 – Ensaio de tomografia sónica em alvenaria [15].....	11
Figura 7 – Exemplo de equipamento para monitorização de vibrações em estruturas [18].	12
Figura 8 – Micro sismógrafo [19].	13
Figura 9 – Radar para prospeção geofísica [28].	15
Figura 10 – Exemplo de output obtido com georadar (sem processamento) [28].	16
Figura 11 – Exemplos de equipamento para deteção de armaduras e avaliação do diâmetro e recobrimento destas [32] [33].....	18
Figura 12 – Exemplo de ficha (frente e verso).	25
Figura 13 - <i>Protimeter MMS2</i> [41].	31
Figura 14 – Esquema representativo entre a temperatura e humidade relativa interior [40].	34
Figura 15 – Planta do Bairro de Lordelo [45].....	92
Figura 16 – Cobertura em chapas de fibrocimento e pormenor de chaminé [45].....	93
Figura 17 – Caleiras de drenagem das águas pluviais da cobertura [45].....	93
Figura 18 – Saída tubagem de ventilação primária dos esgotos [45].....	93
Figura 19 – Queda de parte do pano exterior da fachada evidenciando a composição da parede [45].....	94
Figura 20 – Pormenor da placa de fibrocimento na fachada [45].....	95
Figura 21 – Solução original dos vãos envidraçados [45].	95
Figura 22 – Solução original para o vão envidraçado da casa de banho [45].	96
Figura 23 – Solução original do corpo em balanço das lavandarias [45].	96
Figura 24 – Exemplos de alterações ao corpo em balanço inicialmente destinado à lavandaria [45].	96
Figura 25 – Caixa de escadas de um dos edifícios [45].....	97
Figura 26 – Pormenores da ventilação individual nos pisos parcialmente elevados [45].	98
Figura 27 – Alteração para dispositivos de extração de ar mecânicos nas cozinhas [45].	98
Figura 28 – Cobertura dos edifícios [45].	100
Figura 29 – Interior da caixa de estore [45].....	101
Figura 30 – Revestimento em pastilha cerâmica [45].	101
Figura 31 – Caixa de escadas em betão à vista [45].	102
Figura 32 – Delaminação do betão na fachada de um dos edifícios [45].	103
Figura 33 – Zona com eflorescências na superfície de betão [45].	104
Figura 34 – Possível ponto de fuga de ar na caixilharia [45].	105
Figura 35 – Zona da parede exterior com tubo de ventilação/drenagem da caixa de ar [45].	106
Figura 36 - <i>Protimeter MMS2</i> [41].	Erro! Marcador não definido.
Figura 37 – Painéis compósitos com isolamento no interior, para substituição das placas de fibrocimento [45].	108

Figura 38 – Placas de fibrocimento junto dos vãos envidraçados [45].	108
Figura 39 – Possível solução para a moldura interior dos vãos envidraçados (protótipo de ensaio) [45].	109

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicação para as técnicas de diagnóstico.....	20
Tabela 2 – Alguns valores adotados pela norma EN ISO 7730:1993 [42].	33
Tabela 3 – Índice do Catálogo de Fichas de Diagnóstico	36
Tabela 4 – Resumo das fichas de diagnóstico utilizadas no Bairro de Lordelo.....	99
Tabela 5 – Tabela de Ligação de Elementos Construtivos e Técnicas de Diagnóstico	110

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

$A_{\text{circulares}}$ – Área de pastilhas circulares no ensaio de arrancamento

A_{quadrada} – Área de pastilhas quadradas no ensaio de arrancamento

HR – Humidade Relativa

M_0 – Massa do provete seco

M_i – Massa após imersão do provete em água

T_i – Tempo de imersão do provete em água

t – Tempo

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANSI - *American National Standards Institute*

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*

ASTM – American Society of Testing and Materials

BSI – *British Standards Institution*

DIN - *Deutsches Institut für Normung* (Instituto Alemão para Normatização)

EN - *European Standards*

EOTA – *European Organisation for Technical Approvals*

ETAG – *European Technical Approval Guideline*

ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

ISO - *International Organization for Standardization*

IST – Instituto Superior Técnico

LFC - Laboratório de Física das Construções

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NBR – Norma Brasileira

NCCt – National Center for Competency Testing

NP – Norma Portuguesa

RILEM – *Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages*

Ref.^a - Referência

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Atualmente vive-se uma das crises económicas mais graves de sempre em Portugal. O setor da construção, com um elevado peso na economia do país, foi afetado profundamente, as construções novas praticamente desapareceram, levando a uma aposta na reabilitação de edifícios existentes.

A situação atual não permite à maior parte das famílias a compra de novas habitações, mas continua a existir procura por segurança e qualidade de vida e por isso a reabilitação de edifícios começa a ganhar cada vez mais importância para dar resposta a essa procura.

Aos defeitos dos edifícios que influenciam o seu comportamento em serviço, dá-se o nome de patologias. O termo “patologias” e o seu estudo sempre estiveram associados à medicina. Não deixa, de certa forma, de haver alguma ligação de conceitos, porque o diagnóstico uma patologia num edifício tem um procedimento semelhante ao diagnóstico de uma patologia num paciente.

Na medicina, o diagnóstico de um paciente é feito com recurso a vários exames clínicos e análises, com o objetivo de avaliar e acompanhar o estado de saúde ou doença. Por analogia, o diagnóstico aos edifícios em engenharia civil, recorre a exames *in situ* ou laboratoriais, de forma a estudar as causas e manifestações das patologias existentes ou previsíveis.

Outra etapa do diagnóstico de uma patologia, que se assemelha ao diagnóstico clínico de um paciente, é a anamnese (etapa em que o médico questiona o paciente sobre os seus dados pessoais, historial clínico, doenças atuais, queixas principais, entre outros), semelhante à etapa inicial do diagnóstico de um edifício, onde se questionam os proprietários sobre anomalias, avarias e incidentes ao longo da história do mesmo, ou analisando registos de eventuais reparações efetuadas.

Para uma correta avaliação das patologias na construção devem realizar-se ensaios de inspeção e monitorização. Os dados recolhidos em cada intervenção devem ser armazenados, para que se encontrem disponíveis em obras posteriores, com projetos do mesmo tipo.

Se pensarmos, mais uma vez, na abordagem de um médico a um paciente, o Engenheiro civil, ao contrário do médico, tem de se dirigir ao edifício para realizar ensaios ou retirar as amostras necessárias para análise em laboratório e com os resultados projetar uma intervenção na correção do problema. À semelhança do médico, a intervenção escolhida pode não ser a mais correta, mas é necessário seguir o processo de diagnóstico. No entanto, o que ainda se verifica muitas vezes, é o facto de o técnico responsável pela reabilitação de determinado edifício se basear nas formas de atuar para patologias de obras anteriores. É necessário ter em conta que cada patologia ou edifício são únicos, o

processo de análise a seguir pode ser idêntico, mas os ensaios é que justificam as ações que se devem tomar para correção das anomalias.

Existe uma grande diversidade de patologias que afetam os vários elementos que constituem a envolvente dos edifícios e com origem em diferentes fenómenos, para os quais a patologia da construção tem sido objeto de inúmeros estudos. A informação técnica disponível, no entanto, encontra-se dispersa, sendo a sua sistematização imprescindível, de modo a facilitar a análise de causas e a resolução dos problemas, bem como a sua prevenção [1].

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos principais na realização deste trabalho são: estruturar, elaborar e aplicar fichas para diagnóstico de edifícios, que se concretizam na produção do Catálogo de Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil.

Pretende-se, com este catálogo, informar os técnicos na área da Engenharia Civil, sobre as técnicas de diagnóstico existentes para uma abordagem aos edifícios mais sustentada. Neste trabalho não se pretende desenvolver novas técnicas de diagnóstico, mas sim elaborar uma análise mais completa de algumas das técnicas existentes, para as quais, nomeadamente, se apresenta e descreve o seu funcionamento, os métodos a adotar na sua execução e algumas conclusões que se podem obter a partir destas.

O catálogo reúne e analisa algumas das técnicas de diagnóstico de edifícios em Engenharia Civil disponíveis. Cada ficha do catálogo diz respeito a uma técnica de diagnóstico, abordando os tópicos:

- Descrição;
- Princípio de funcionamento;
- Elementos construtivos em que pode ser utilizada;
- Procedimento de ensaio;
- Equipamento;
- Potencialidades;
- Limitações;
- Custo;
- Dificuldade;
- Expressão dos resultados;
- Interpretação dos resultados;
- Entidades prestadoras;
- Documentos normativos;
- Valores de referência.

A organização das fichas no catálogo, para que este seja de consulta rápida e simples, foi feita segundo a sua natureza ou princípio de funcionamento, dividindo-se em dez capítulos:

- Técnicas de Percepção Sensorial
- Técnicas de Ação Mecânica
- Técnicas de Propagação de Ondas Elásticas
- Técnicas de Detecção e Análise das Vibrações
- Técnicas de Reações Químicas e Eletroquímicas
- Técnicas de Propagação de Radiação Eletromagnética
- Técnicas de Inspeção Hidrodinâmica nos Materiais e Estruturas
- Técnicas de Efeitos Elétricos e Magnéticos

- Técnicas de Monitorização
- Técnicas de Inspeção Higrotérmica

O preenchimento das fichas foi feito com recurso à pesquisa de textos normativos existentes, bem como documentos e estudos relativos a cada uma das técnicas analisadas.

Como forma de exemplificar a aplicação de algumas das fichas de diagnóstico do catálogo, utilizou-se um edifício numa fase anterior à realização do projeto de reabilitação.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, tendo em conta os objetivos referidos anteriormente, sendo que este é o primeiro e corresponde à introdução.

O capítulo 2, *Descrição de Técnicas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil*, tem como objetivos apresentar, classificar e organizar um conjunto de técnicas de diagnóstico aplicáveis a edifícios, incluindo-se nestas as técnicas que integram o Catálogo de Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil.

O capítulo 3, *Estruturação do Catálogo de Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil*, estrutura e explica a elaboração das fichas relativas a todas as técnicas de diagnóstico estudadas.

O capítulo 4, *Catálogo de Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil*, apresenta as fichas de diagnóstico que constam no catálogo, organizadas segundo o princípio de funcionamento ou natureza da técnica analisada.

O capítulo 5, *Aplicação das Fichas de Diagnóstico a Caso de Estudo*, descreve a aplicação das técnicas de diagnóstico presentes nas fichas do catálogo a um caso real de estudo, o Bairro de Lordelo.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões mais relevantes e sugestões de desenvolvimentos futuros para o tema da dissertação.

2

DESCRIÇÃO DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

A recolha da informação necessária, para o diagnóstico de edifícios, pode ser feita de forma sensorial por parte dos responsáveis com recurso a instrumentos que ampliem os seus sentidos e permitam a análise de alguns pormenores, ou então recorrendo a técnicas de inspeção e ensaios que utilizam princípios de funcionamento de múltiplas áreas científicas, mas que permitem obter dados que ajudam na caracterização das situações de em estudo [2].

2.2. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

Estão apresentadas a seguir algumas das técnicas utilizadas em Engenharia Civil para o diagnóstico de edifícios. Como forma de sistematizar essa apresentação, efetuou-se uma classificação segundo os princípios de cada técnica de diagnóstico, método de classificação próximo ao utilizado num livro da autoria do Engenheiro Vítor Cóias [2], especialista na área da patologia e reabilitação de edifícios e outras construções.

As técnicas foram divididas em dez grupos, baseada nos princípios que lhe servem de base e que são as seguintes:

- Técnicas de Percepção Sensorial
- Técnicas de Ação Mecânica
- Técnicas de Propagação de Ondas Elásticas
- Técnicas de Detecção e Análise das Vibrações
- Técnicas de Reações Químicas e Eletroquímicas
- Técnicas de Propagação Eletromagnética
- Técnicas de Inspeção Hidrodinâmica dos Materiais e Estruturas
- Técnicas de Efeitos Elétricos e Magnéticos
- Técnicas de Monitorização
- Técnicas de Inspeção Higrotérmica

Esta classificação diverge em alguns aspetos relativamente ao método que serviu de base [2], mas conforme esse, também não se trata de uma classificação rígida, na medida em que algumas das técnicas se poderiam associar a mais do que um princípio. O objetivo foi agrupar e assim facilitar a

consulta das diferentes inspeções, ensaios e equipamentos utilizados, segundo disciplinas e princípios comuns entre eles [2].

2.2.1. TÉCNICAS DE PERCEÇÃO SENSORIAL

As técnicas referidas neste grupo são métodos de diagnóstico mais simples e, em alguns casos, menos tecnológicos. Na sua utilização, o profissional utiliza principalmente os próprios sentidos para avaliar as situações, e pode eventualmente recorrer a equipamentos que os ampliem [2].

As principais fontes de informação para o diagnóstico a nível sensorial são a visão, pela importância de observar a reação dos materiais nas zonas afetadas, a audição, porque a reação sonora obtida por percussão pode transmitir a eventual existência de anomalias, o olfato, na deteção de odores característicos (por exemplo, o odor libertado por revestimentos apodrecidos) e ainda o tato, na percepção por toque na superfície de materiais com anomalias.

Este tipo de diagnóstico depende, sobretudo, da experiência, prática, perspicácia e conhecimento dos profissionais que o realizam, uma vez que os resultados não deixam de ser subjetivos [2].

2.2.1.1. Técnica de Deteção Acústica de Insetos Xilófagos

Esta técnica tem o objetivo de detetar a presença de insetos xilófagos dentro de elementos de madeira, em fases iniciais de infestação, quando ainda não existem sinais exteriores visíveis. Os estudos existentes mostram a sua utilidade na deteção *in situ* de atividade das térmitas, podendo inclusive detetar-se a zona onde elas se encontram [3].

Trata-se de uma técnica não destrutiva e de simples utilização, com recurso apenas a um aparelho de auscultação e, eventualmente com possibilidade de gravação, para que posteriormente possa ser comparada com a base de dados de sons conhecidos.

2.2.1.2. Técnica de Inspeção Direta com Boroscópio

Em qualquer tipo de inspeção a desenvolver, a inspeção visual é o primeiro passo para a identificação das anomalias ou defeitos existentes. Apesar de não ser considerada propriamente como um ensaio, a observação direta de várias zonas da construção é uma fase essencial no seu diagnóstico. Esta inspeção deverá ser realizada por técnico ou equipa devidamente qualificados, de modo a obter-se um conhecimento e interpretação da estrutura, com a finalidade de indicar uma forma de inspeção mais detalhada sobre a mesma [4].

Para alcançar locais de mais difícil alcance (interior de fissuras, interior de paredes duplas, interior de tubagens, etc.), com ou sem furação dos elementos construtivos, é essencial recorrer ao boroscópio, só assim é possível obter imagens perceptíveis para retirar conclusões do estado da construção.

Trata-se de uma técnica que pode ou não ser destrutiva, conforme o tipo de local que se pretende avaliar.

2.2.2. TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA

Neste conjunto de técnicas de diagnóstico, existe aplicação de ação mecânica sobre os elementos estruturais, de revestimento ou simplesmente na escolha dos materiais que melhor se adaptam ao ambiente em questão. Esta ação pode ser aplicada de forma generalizada ou pontualmente [2].

A ação mecânica pode ser feita com recurso a remoção de partes do elemento construtivo, ou por dispositivos mecânicos, elétricos, hidráulicos ou eletromecânicos, que podem ser mais ou menos intrusivos e com maior ou menor grau de destruição [2].

2.2.2.1. Ensaio com Dilatómetro

Este ensaio é semelhante ao ensaio que recorre a macacos planos, abordado mais à frente, com a particularidade de que é possível determinar as características internas de deformabilidade do material recorrendo à aplicação de uma pressão hidrostática. Esta pressão é exercida pela água no interior de uma sonda dotada de um corpo rígido cilíndrico envolvido por uma membrana de borracha, que atua sobre as paredes de um orifício de secção circular previamente aberto. Com este procedimento pretende medir-se o módulo de elasticidade da zona analisada, através da medição dos deslocamentos na zona aplicada [5].

Também são medidas as deformações diametraais decorrentes da pressão, segundo quatro direções desfasadas de 45° entre si e perpendiculares ao furo [5].

Aplica-se, sobretudo, nas alvenarias, devido ao grande desconhecimento dos materiais constituintes, do interior das paredes duplas. O ensaio de dilatómetro, combinado com o ensaio de macacos planos, permite obter uma quantificação mais detalhada do módulo de deformabilidade em toda a secção transversal da parede, em especial a razão entre a deformabilidade interna e externa da alvenaria [5].

Trata-se de uma técnica de inspeção destrutiva, que embora seja de baixo grau de destruição, necessita de trabalhos de reparação no elemento construtivo analisado, no final do ensaio.



Figura 1 – Ensaio com o dilatómetro [6].

2.2.2.2. Ensaio de Arrancamento por Tração – *Pull-Off*

O ensaio de *Pull-Off* é uma técnica destrutiva, para avaliação *in situ* da aderência de revestimentos ao suporte. Aplicando-se a diversos revestimentos aderentes, como argamassas de revestimento, estuques, ladrilhos cerâmicos e vários tipos de tintas, tanto no caso de estarem aplicados em elementos construtivos de betão armado como de alvenaria [7].

Pode realizar-se este ensaio durante a fase de execução para controlo de qualidade, ou na fase de pós-ocupação para avaliação do desempenho em serviço [7].

2.2.2.3. Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito – *Martinet Baronnie* ou *Choque de Esfera*

Este ensaio é considerado destrutivo, pois, no caso do elemento construtivo não apresentar resistência necessária o impacto da esfera causa estragos. Pode utilizar-se tanto *in situ* para diagnóstico, como no laboratório para o teste de diferentes soluções [8].

Consiste na medição da resistência ao choque de esfera de revestimentos de fachadas, pode ser útil para [8]:

- Avaliar o desempenho do revestimento para aplicação em determinada localização.
- Avaliar o respeito de todas as exigências feitas ao produto.
- Avaliar a capacidade do revestimento quanto à segurança no uso.
- Avaliar a degradação provocada pelo choque, em termos físicos e visuais.
- Controlar, de forma expedita, a conformidade dos trabalhos executados.

2.2.2.4. Ensaio Simples com Macaco Plano (Determinação do Estado de Tensão)

Técnica de diagnóstico que recorre ao mesmo tipo de aparelhos utilizados no “Ensaio Duplo de Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)”, mas que nesta variante do ensaio são utilizados para determinar o estado de tensão de paredes e outros elementos estruturais de alvenaria. Também pode ser realizada tanto *in situ* como em laboratório. Conforme o ensaio duplo, tem todo o interesse numa fase de avaliação dos elementos construtivos [2].

2.2.2.5. Ensaio Duplo com Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)

Técnica utilizada, principalmente, *in situ* para avaliação das características de deformabilidade de paredes e outros elementos estruturais de alvenaria, mas é também possível a sua utilização em modelos construídos em laboratório. Permite avaliar uma amostra de razoáveis dimensões, quer na direção vertical quer na horizontal. Tem todo o interesse numa fase de avaliação dos elementos construtivos [2].

2.2.2.6. Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro de *Schmidt* e Pendular

O esclerómetro é tipo de equipamento que permite avaliar *in situ*, de forma simples e não destrutiva, a dureza superficial ou comparar qualidade de materiais, preferencialmente de elementos de betão, mas também de argamassas [2].

2.2.2.7. Técnica de Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira – *Resistograph*

A aplicação desta técnica de avaliação é bastante interessante sobre estruturas de madeira em serviço, principalmente quando estas têm grande interesse patrimonial, pois as perfurações que realiza são quase impercetíveis e sem qualquer influência na resistência mecânica da peça, permitindo assim detetar defeitos internos, variações de densidade e secções dos elementos estruturais, quando tal não é possível medir diretamente. A aplicação do *Resistograph* apresenta-se como um método de inspeção não destrutivo, embora como foi já dito, provoca um furo nas peças de madeira, mas de dimensões que na maioria dos casos nem são visíveis [9].

2.2.2.8. Técnica de Avaliação da Resistência de Argamassa - Método de Arrancamento de Hélice

Na avaliação *in situ* da resistência de argamassa de assentamento ou de refechamento de juntas, pode utilizar-se o método do arrancamento de hélice. O equipamento utilizado é constituído por berbequim de percussão com broca de 4,5 mm, ancoragens de tipo *retro-tie*, com respetivo acessório de cravação e dispositivo de arrancamento [2].

Esta técnica permite determinar a resistência de referência de uma argamassa, desde que se disponha de resultados de ensaios de calibração. Pode ser utilizada em obra, tanto para efeitos de controlo de qualidade como de diagnóstico [2].



Figura 2 – Método de arrancamento de hélice em parede de alvenaria [10].

2.2.2.9. Técnica de Extração e Ensaio de Carotes

Esta técnica consiste em retirar provetes circulares de pequeno diâmetro ($\geq 10\text{cm}$, no caso de alvenaria e $\geq 5\text{cm}$, no caso de betão), em pontos representativos da estrutura. A maior limitação deste método é o custo elevado, mas também apresenta limitações a nível arquitetónico, pois a extensão dos danos provocados na estrutura podem limitar a extensão e o número de amostras [4].

As carotes devem ser extraídas após a análise da estrutura, para se determinar quais os locais mais apropriados para obtenção de uma boa distribuição de tensões no interior elemento estrutural. Este aspeto é importante, pois caso o local escolhido não apresente rigidez suficiente, pode acontecer que o provete não apresente as condições mínimas exigidas neste tipo de análise, ou ainda provocar estragos na estrutura. Por outro lado, a carote deve apresentar efetivamente o material utilizado na construção da estrutura [4].

A amostra é retirada através de um equipamento específico, uma máquina de corte rotativa dotada de coroas com dentes de diamante. A sua extração deve ser feita de forma a não provocar qualquer perturbação da estrutura sendo que para isso, o equipamento deve estar o mais firme possível [4].



Figura 3 – Caroteadora e exemplo de extração de carote [11] [12].



Figura 4 – Exemplo de carote extraída [13].

2.2.3. TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELÁSTICAS

Neste tipo de técnicas de diagnóstico, os ensaios baseiam-se na deteção, medição ou análise das vibrações provocadas nas construções ou elementos construtivos, avaliando a forma de propagação das ondas elásticas [2].

2.2.3.1. Ensaio de Integridade de Estacas de Betão - Método Sónico

O método sónico para avaliação da integridade de estacas de betão, baseia-se na análise das condições de propagação de ondas elásticas no seu fuste, visando a deteção de defeitos e discontinuidades que se traduzam significativos para a função que exercem [2].

O choque de um material sólido na cabeça de uma estaca produz uma onda sónica, que percorre todo o comprimento desta. Se a estaca não apresentar defeitos ou discontinuidades, a onda sónica é refletida apenas no seu pé. Mas no caso de existir alguma anomalia ao longo do seu fuste, surgirão outras ondas refletidas. A análise destas vibrações é feito, utilizando um *software* adequado, que permite, dentro de certos limites, caracterizar o tipo de defeito e a profundidade a que se encontra no fuste da estaca [2].



Figura 5 – Avaliação da integridade de estacas por método sónico [14].

2.2.3.2. Ensaio de Tomografia Sónica na Alvenaria Para Identificação de Heterogeneidades e Deficiências

O princípio desta técnica refere-se à utilização da tomografia sónica, para a obtenção de mapa pormenorizado da distribuição da velocidade de propagação do som numa secção plana da estrutura em estudo [2].

O equipamento mede a velocidade de propagação de um impulso sónico ao longo de várias direções, cobrindo uniformemente a secção em estudo. O cálculo é feito usando o método de inversão, que, a partir do tempo de propagação do som, que permite identificar heterogeneidades e áreas de deficiente resistência [2].



Figura 6 – Ensaio de tomografia sónica em alvenaria [15].

2.2.3.3. Ensaio de Ultrassons

A técnica de diagnóstico por ultrassons é utilizada na caracterização de paredes, recorrendo a sons de baixa frequência, com maior energia e menor atenuação que os de alta frequência. A partir dos impulsos ultrassónicos é possível avaliar a uniformidade da alvenaria, delimitando *in situ* as zonas de qualidade inferior ou deterioradas e estimar as propriedades mecânicas da alvenaria [16].

A informação recolhida através do método dos ultrassons pode ser utilizada para obter [2]:

- Características mecânicas
- Homogeneidade
- Presença de fissuras e defeitos

O ensaio consiste em determinar a velocidade de propagação dos impulsos ultrassónicos entre dois pontos. Com os valores obtidos nessa medição, é possível determinar valores aproximados para a densidade do material ou a existência de vazios, e ainda, as suas características elásticas, que dependem da qualidade e resistência do material constituinte da alvenaria em análise [17].

2.2.4. TÉCNICAS DE DETECÇÃO E ANÁLISE DAS VIBRAÇÕES

As técnicas aqui agrupadas baseiam-se na monitorização e análise das vibrações das estruturas, quando sujeitas a ações dinâmicas. Permitem obter informações importantes sobre as características, desempenho e presença de eventuais anomalias nas construções em análise [2].

O estudo pode ser feito, genericamente, de duas formas [2]:

- Análise de dados da resposta dinâmica da construção a solicitações dinâmicas impostas pela envolvente, como a passagem de viaturas automóveis ou metropolitano, a operação de equipamentos mecânicos aplicados na estrutura (ar-condicionado, extratores de ar, etc.), realização de obras nas proximidades, entre outras.
- Aplicação de solicitações dinâmicas à construção, produzindo níveis de vibração forçada sem afetar a sua integridade e, dessa forma analisar a resposta.

2.2.4.1. Análise e Monitorização de Vibrações em Estruturas

Este método de ensaio, considerado não destrutivo, tem como principal objetivo, avaliar e/ou acompanhar *in situ* o comportamento dinâmico da construção, em particular, a sua capacidade de resistência à solicitação sísmica. Pode, também, ser útil na preparação de obras de reabilitação e consolidação, seleccionando as medidas corretivas mais adequadas [2].

Este estudo, pode ser feito segundo duas variantes [2]:

- Análise de dados na resposta dinâmica da construção às solicitações impostas pela envolvente.
- Análise da resposta da construção à aplicação de vibrações forçadas nesta.



Figura 7 – Exemplo de equipamento para monitorização de vibrações em estruturas [18].

2.2.4.2. Monitorização de Vibrações por Meio de Micro Sismógrafo

Esta técnica refere-se à monitorização de vibrações com origens variadas, como a atividade humana, o trânsito de veículos, a maquinaria em funcionamento, entre outros. Esta monitorização tem em vista prevenir os efeitos secundários associados a essas vibrações, assegurando o cumprimento da regulamentação aplicável [2].



Figura 8 – Micro sismógrafo [19].

2.2.5. TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS

Neste grupo encontram-se dois tipos de técnicas de diagnóstico, numa destas observam-se os efeitos das reações químicas que ocorrem nos materiais em estudo, e na outra observam-se fenómenos de natureza eletroquímica que ocorre em elementos da construção, espontaneamente ou em resultado de perturbações introduzidas.

No caso de reações químicas, com vista ao diagnóstico de anomalias, utilizam-se determinados indicadores ou reagentes por contacto com os materiais que constituem os elementos construtivos ou que neles estão depositados, como forma de identificar ou caracterizar esses materiais ou o seu estado de equilíbrio químico [2].

A corrosão dos metais, em geral, e a do aço utilizado nas armaduras de betão armado, em particular, são exemplos de fenómenos. A corrosão das armaduras é resultado de duas causas [2]:

- A carbonatação, pelo CO_2 , fazendo baixar o pH do betão e, consequentemente, o seu efeito protetor.
- A presença dos cloretos no betão que envolve as armaduras.

Estas causas principais podem ainda ser agravadas pela presença de fissuras ou defeitos da compacidade do betão, permitindo a penetração de agentes agressivos, e ainda pelo recobrimento insuficiente das armaduras [2].

2.2.5.1. Técnica da Resistência de Polarização (Taxa de Corrosão em Armaduras)

A técnica da resistência de polarização é utilizada para quantificação da taxa de corrosão das armaduras em elementos de betão armado. Aplicando-se, principalmente, em estruturas de betão muito carbonatado ou com elevado teor de cloretos, permitindo acompanhar, por monitorização, a evolução do estado da estrutura e avaliar o seu desempenho no futuro [2].

A avaliação da taxa de corrosão em armaduras é um elemento essencial para análise de estruturas de betão armado, que possa estar em processo corrosivo, avaliando o estado da armadura (passivação/desspassivação) e a velocidade de corrosão [20].

2.2.5.2. Técnica de Avaliação da Profundidade de Carbonatação – Indicador de Fenolftaleína

A carbonatação do betão ocorre na reação do dióxido de carbono presente na atmosfera, com os componentes alcalinos da fase líquida do betão. Provocando assim a redução da alcalinidade, neutralizando todo o material e baixando o pH da pasta hidratada, desencadeando-se assim, a corrosão das armaduras nas estruturas de betão armado. Pois, as armaduras ficam mais suscetíveis quando atingem valores de pH inferiores a 10,5 e por essa razão, neste ensaio, utiliza-se uma solução de fenolftaleína, que em valores de pH acima de 8 adquire coloração típica [5].

A solução de fenolftaleína, quando aplicada sobre a superfície em análise, permite identificar a presença de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio). A mudança de cor da solução, de incolor para rosa, faz-se notar em pouco tempo, indicando a zona com total, pouca ou nenhuma carbonatação [21].

2.2.5.3. Técnica de Medição dos Potenciais Elétricos (Detecção de Corrosão Ativa em Armaduras)

O recurso a esta técnica de diagnóstico permite identificar as áreas onde a corrosão está presente ou prestes a verificar-se, antes mesmo que os seus efeitos se tornem visíveis. Permite localizar as áreas onde o betão armado necessita de alguma reparação ou, simplesmente, ser protegido. Com aplicação regular desta técnica numa estrutura, desde o início da sua construção, permite acompanhar o seu comportamento, minimizando assim os custos de manutenção, no que toca à zona das armaduras [22].

O princípio de funcionamento, desta técnica, baseia-se na aplicação de uma diferença de potencial entre um eletrodo de referência e um terminal ligado à armadura na zona de análise. Na medição do potencial existente no sistema obtêm-se valores que se incluem num de três intervalos de valores, e dessa forma, fazendo-se corresponder o intervalo a uma classificação de zona com corrosão, zona em início de corrosão ou zona sem corrosão [22].

2.2.5.4. Técnica de Determinação do Teor de Sais – *Kit* de Campo e Fitas Colorimétricas

Os compostos cristalinos que se formam à superfície ou nas camadas internas do revestimento, com o nome de eflorescências, surgem por ações físico-químicas derivadas à presença de água. Estes compostos podem, além de afetar a aparência da construção, originar degradação química e física dos materiais (cristalização dos sais). O conhecimento da natureza de cada composto, que constitui as eflorescências, pode ajudar a compreender os mecanismos de degradação [8].

Por exemplo, a determinação da concentração do ião de cloreto no betão é essencial para avaliar a necessidade de proceder à sua reparação, em estruturas existentes, bem como para verificar se os materiais escolhidos para aplicar em construções novas, possuem boas condições de durabilidade, ou se é necessário a alteração da solução inicialmente projetada [2].

Nesta técnica de diagnóstico, escolheram-se dois tipos de ensaios, o *kit* de campo e as fitas colorimétricas, que analisam, praticamente, os mesmos sais, mas fornecendo os resultados de forma diferente. O *kit* de campo utiliza o espectrofotómetro, na determinação das concentrações por processo colorimétrico, os cloretos (2-100 mg/l) e os sulfatos (40-500 mg/l). Enquanto o outro ensaio permite a

análise da presença de cada ião, por comparação visual entre a cor obtida na banda de detecção e a escala de referência, presente na embalagem onde são fornecidas as bandas de detecção [8].

2.2.6. TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Algumas das técnicas de diagnóstico utilizam a radiação eletromagnética na inspeção de edifícios, que é caracterizada, basicamente, pela sua frequência, comprimento de onda ou energia transportada [2].

A radiação que incide num corpo sólido pode, em parte, atravessá-lo ou ser refletida. Num e noutro caso as características da radiação incidente alteram-se em função das propriedades físicas do material (densidade, porosidade, permeabilidade, condutividade, etc.). A energia transportada pela radiação incidente pode, também, acumular-se no material, sendo refletida sobre a forma de uma radiação com características diferentes [2].

As várias formas de como a radiação é aplicada e interage com os materiais em análise originam outras tantas variantes de recolha, não destrutiva, de informação sobre esses materiais [2].

2.2.6.1. Prospeção Geofísica por Tecnologia de Radar

Esta técnica de inspeção utiliza a tecnologia de radar na banda de frequências dos 100 MHz aos 2 GHz, trabalhando, basicamente na modalidade de reflexão, e ao diminuir a frequência de funcionamento faz com que seja maior a penetração nos elementos construtivos, mas diminui o nível de pormenorização [2].

O equipamento, normalmente utilizado, que recorre a esta tecnologia possui uma antena emissora que transmite, por impulsos eletromagnéticos sucessivos, um feixe de radiação divergente, que é refletido pelas diferentes interfaces com diferentes características, existentes no interior do elemento construtivo em estudo. Os impulsos refletidos são captados numa antena recetora, situada junto da emissora, sendo ambas ligadas a um registador gráfico, permitindo analisar a natureza e o estado dos elementos existentes por baixo da superfície visível. Permite ainda detetar tubagens, canalizações ou humidade existente no interior de paredes e, em elementos horizontais é possível fazer um levantamento de cavidades, construções antigas enterradas, estratigrafia dos pavimentos, etc. A interpretação das imagens registadas pode ser facilitada, pelo tratamento destas em computador e elaborando perfis tridimensionais dos locais analisados [2].



Figura 9 – Radar para prospeção geofísica [23].

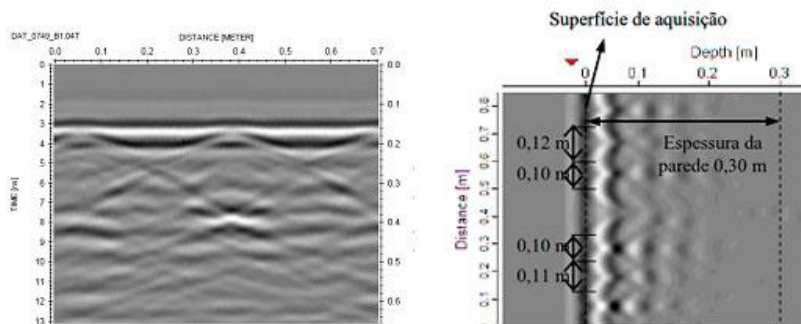


Figura 10 – Exemplo de output obtido com georadar (sem processamento) [23].

2.2.7. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MATERIAIS E ESTRUTURAS

As técnicas aqui agrupadas servem, sobretudo, para o estudo do modo como a água, em diferentes estados físicos, penetra e se movimenta no interior dos materiais de construção obedecendo a processos como de absorção, efeito de capilaridade e permeabilidade associada a diferenças de pressão [2].

A observação e medição dos efeitos associados a estes processos permitem recolher informações para materiais sólidos utilizados na construção (pedra, betão simples ou armado, entre outros), que se tornem relevantes para o estudo da sua durabilidade [2].

2.2.7.1. Ensaio para Determinação da Absorção de Água por Capilaridade

A realização do ensaio de absorção capilar está direcionada para avaliação da durabilidade de estruturas de betão armado, estudando os mecanismos de transporte de líquidos no interior do material, onde pode haver condução de substâncias prejudiciais, que podem levar à corrosão das armaduras. Estas substâncias, que podem ser cloretos e causar, ocasionalmente, a despassivação do aço penetrando no betão através da rede de poros, quando exposto a ambiente agressivos [8].

A absorção de água por capilaridade é definida como a entrada de água na rede porosa do betão por forças capilares, resultantes da diferença de pressão entre a superfície livre da água no exterior do betão e a sua superfície nos poros capilares, dependendo do diâmetro capilar. Pelo que, quanto menor for a absorção do material, mais protegida se encontra a estrutura [24].

2.2.7.2. Ensaio de Absorção de Água Sob Baixa Pressão – Tubo de *Karsten*

Este ensaio, que recorre ao tubo de *Karsten*, é utilizado para avaliação *in situ* ou em laboratório da resistência à água líquida da superfície dos elementos em análise, medindo a absorção de água a baixa pressão, de forma relativamente simples [8].

É frequentemente utilizada em revestimentos e paredes, com os seguintes objetivos [8]:

- Determinar a permeabilidade à água líquida em edifícios com revestimentos de base em ligantes minerais ou mistos;
- Avaliar a capacidade de impermeabilização dos revestimentos de paredes;
- Estimar o grau de degradação de revestimento, prevendo a vulnerabilidade das alterações superficiais à ação da água;

- Determinar o grau de proteção num tratamento hidrófugo aplicado nos materiais, avaliando o grau de eficácia num determinado período de tempo;
- Comparar os resultados obtidos em diferentes tipos de revestimento e avaliar a influência do acabamento dado em cada um;

O nível de permeabilidade, medido através deste método, pode ser utilizado na caracterização qualitativa do estado do revestimento, bem como estimar o seu grau de degradação, recorrendo a comparações com estudos anteriores e possibilita ainda, a análise das alterações verificadas pela absorção de água no revestimento [25].

2.2.7.3. Ensaio de Permeabilidade ao Vapor de Água

O ensaio laboratorial, utilizado para determinação da permeabilidade ao vapor de água de materiais e elementos de construção tem apoio na *Lei de Fick*. Este método de classificação, consiste em colocar o provete do material ou elemento que se pretende ensaiar, entre dois ambientes à mesma temperatura mas com pressões de vapor diferentes, devido às diferenças de humidade relativa estabelece-se um gradiente de pressões entre as duas faces, o que origina um fluxo de vapor de água através do provete. Conhecendo-se a diferença de pressões de vapor parciais entre as ambiências separadas pelo provete e as suas dimensões, pode calcular-se o fluxo de difusão em regime estacionário e dessa forma determinar as características de permeabilidade ao vapor de água do material ou elemento em estudo [26].

2.2.8. TÉCNICAS DE EFEITOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

A inspeção das construções recorre, em certas situações, a equipamentos que relacionam eletricidade com magnetismo. São principalmente dois os efeitos aproveitados para este fim, a relutância magnética e as correntes induzidas [2].

A relutância magnética trata-se da resistência ao fluxo magnético entre dois polos, que se estabelece quando uma corrente percorre uma bobina elétrica cria um campo magnético. A deteção de armaduras, baseada neste efeito, utiliza uma bobina de excitação, que ao ser percorrida por uma corrente alterna induz um fluxo magnético e, quando está presente um elemento ferromagnético a relutância magnética diminui, aumentando esse fluxo. Uma segunda bobina (bobina sensor) deteta esse acréscimo de fluxo[2].

O efeito de correntes induzidas é utilizado também para deteção de armaduras, pois em bobinas percorridas por corrente alterna que geram um campo magnético, na proximidade de uma barra condutora originam nesta um conjunto de correntes induzidas. Estas, por sua vez, originam um campo magnético secundário na bobina e, dessa forma, uma corrente secundária, por isso, a proximidade a uma barra condutora faz alterar a corrente que percorre a bobina, aumentando a impedância aparente desta, sendo detetado pelo equipamento [2].

2.2.8.1. Ensaio Termográfico

Esta técnica, com recurso a câmaras termográficas de infravermelhos, é bastante útil numa avaliação *in situ* da construção, possibilitando a deteção de diferentes tipos de patologias de forma mais ou menos rápida, para uma posterior análise mais cuidada. Os resultados obtidos não se tratam de valores absolutos, baseiam-se na comparação das temperaturas observadas numa superfície [27].

A partir da observação dos termogramas é possível, por exemplo, detetar descontinuidades ocultas por alterações na construção [27], detetar a formação de uma colónia de insetos no interior de elementos construtivos [28], detetar erros de construção no que toca ao tratamento de pontes térmicas ou colocação do isolamento térmico [28], detetar infiltrações ou fugas de água [29], detetar fugas de calor [30] e ainda para avaliar o estado do restante revestimento nas paredes para o caso de ocorrer formação de bolhas de ar na pintura ou destacamento de alguns elementos cerâmicos [31].

Tem bastante interesse numa fase de pós-ocupação, para avaliação do desempenho em serviço, e ainda sob o ponto de vista da manutenção preventiva.

2.2.8.2. Técnica Para Detecção de Armaduras e Avaliação do Diâmetro e Recobrimento

Os equipamentos, utilizados nesta técnica de inspeção servem para medir o recobrimento, detetar a posição, as dimensões e direção das armaduras, tanto em estruturas de betão armado como o pré-esforçado, de forma não destrutiva. No caso da sua utilização em betão pré-esforçado, a deteção de cabos de pré-esforço é possível, mas com maiores limitações, que se devem, por um lado, às características próprias destes elementos resistentes e, por outro, às capacidades do equipamento [2].



Figura 11 – Exemplos de equipamento para deteção de armaduras e avaliação do diâmetro e recobrimento destas [32] [33].

2.2.9. TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO

A recolha de informação acerca da construção em geral ou de alguns elementos construtivos em particular, por períodos mais ou menos longos de tempo, quer seja de forma contínua ou pontualmente, é indispensável para o conhecimento e manutenção desta.

Com os dados registados, é possível a escolha da melhor forma de abordagem a eventuais patologias detetadas. Por esta razão, as técnicas de monitorização devem ser aplicadas logo no primeiro contacto com a construção em análise, em paralelo com as “*Técnicas de Perceção Sensorial*”.

Este tipo de técnicas de diagnóstico não é destrutivo, mas podem afetar o normal funcionamento de edifícios em utilização, uma vez que se tratam de avaliações que, por norma, têm duração mais longa que as restantes.

2.2.9.1. Técnicas de Monitorização de Fissuras e Fendas – *Fissurómetro*

Esta técnica de diagnóstico recorre ao fissurómetro, que se trata de um pequeno instrumento simples utilizado para medir, de forma expedita e económica, os movimentos relativos que se verificam num ponto escolhido de forma estratégica numa fissura ou fenda existente numa parede, pavimento ou qualquer outro elemento estrutural da construção em estudo [2].

2.2.10. TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA

Fazem parte deste grupo, as técnicas cujos princípios e/ou disciplinas não foi possível identificar com nenhum dos grupos atrás referidos.

2.2.10.1. Técnicas de Registo de Condições Higrotérmicas

O conforto térmico não é linear, porque as mesmas pessoas podem sentir-se confortáveis em condições térmicas diferentes, dependendo também das características oferecidas pelo edifício. Este conforto depende do tipo de atividade que está a realizar, o vestuário que utiliza e o próprio metabolismo do utilizador [34].

A monitorização da temperatura e da humidade relativa é importante, pois são dois fatores que afetam o conforto e saúde dos seus ocupantes, a durabilidade do edifício em si e dos seus materiais e ainda o consumo de energia neste [35].

A humidade relativa representa a relação entre a quantidade de vapor presente num determinado volume de ar, e a quantidade máxima de vapor que esse mesmo volume pode conter para a mesma temperatura. Este fator depende, portanto, da quantidade de vapor de água contida no ar e também da temperatura deste. Isto porque, tendo uma quantidade constante de vapor de água no ar, a humidade relativa aumenta se a temperatura descer e diminui com a subida da temperatura [35].

2.2.10.2. Ensaio de Condutibilidade Térmica

Para a avaliação da condutibilidade térmica de um material, os métodos mais utilizados são o de *Guarded-Hot-Plate* e o de *Choque Térmico* [7].

A condutibilidade térmica (λ), pode ser expressa em $W/(m.^{\circ}C)$ ou $W/(m.K)$, trata-se do fluxo de calor (em Watts) que atravessa, perpendicularmente, um elemento com 1 m^2 de secção e 1 m de espessura, quando a diferença de temperatura entre as duas faces é de $1^{\circ}C$, sendo as faces planas e paralelas. É uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos termicamente homogêneos. Por exemplo, no caso de se envolver um objeto a uma dada temperatura com uma camada de um material, de modo a isolá-lo do ambiente exterior, a condutibilidade térmica do material isolante determina a rapidez com que o calor fluirá através dele [7].

2.2.10.3. Ensaio de Pressurização - *Blower Door*

Esta técnica de inspeção tem como objetivo, a caracterização da permeabilidade ao ar da envolvente de um edifício ou parte deste, permitindo obter diversas análises e diagnósticos relativos a infiltrações, como [36]:

- Verificação da conformidade da permeabilidade ao ar com a regulamentação aplicável.

- Comparação da permeabilidade relativa ao ar entre edifícios ou compartimentos.
- Identificação de locais com fugas de ar.
- Determinar os coeficientes característicos da permeabilidade ao ar da envolvente, resultantes de obras de melhoria realizadas.

O ensaio consiste na substituição da porta, por uma “porta ventiladora”, um mecanismo constituído por uma capa de *nylon* ajustada à moldura da porta sem que existam folgas neste ajuste, e colocação num orifício próprio de ventilador. Desta forma, pretende-se que o espaço interior em estudo seja pressurizado e/ou despressurizado com um caudal de ar variável, registando-se o caudal necessário para gerar um determinado diferencial de pressão entre o espaço exterior e o interior, que pode variar entre 10 Pa e 60 Pa [36].

2.2.10.4. Ensaio de Variação Dimensional com a Humidade Relativa

O ensaio que aqui se apresenta, utilizado no estudo da variação dimensional de materiais de construção com a humidade relativa foi desenvolvido no LFC-FEUP. O protótipo desenvolvido possibilita a recolha de dados automática de um conjunto de equipamentos de medida, reduzindo assim, a dificuldade que existia na necessidade de leituras cíclicas e problemas de precisão que aqui dependem dos sensores utilizados. A variação dimensional dos materiais de construção é importante para a caracterização do seu comportamento, nomeadamente no que se refere ao desempenho face à humidade e à durabilidade após serem aplicados em diferentes tipos de edifícios [37].

2.3. ANÁLISE CRÍTICA

No final deste capítulo, após a apresentação de algumas técnicas de diagnóstico utilizadas em Engenharia Civil, esquematiza-se a aplicação destas, de forma resumida, na Tabela 1.

Na Tabela 1 está feita uma classificação das técnicas de diagnóstico segundo três níveis, o de Reabilitação, o Higrotérmico e de Outros. Por Reabilitação entende-se uma abordagem às intervenções gerais da reabilitação de edifícios mais antigos e sem condições de habitabilidade. Para o nível higrotérmico dizem respeito as intervenções para melhorar o comportamento higrotérmico do edifício. Por fim, no último nível, Outros, estão incluídas intervenções gerais de melhoria, para aumento da qualidade do edifício, como por exemplo a substituição dos revestimentos exteriores ou interiores, reparação de fissuras, aumento ou eliminação de divisões, etc.

Tabela 1 – Aplicação para as técnicas de diagnóstico.

1. Técnicas de Percepção Sensorial	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
1.1. Técnica de Detecção Acústica de Insetos Xilófagos	✓	x	✓
1.2. Técnica de Inspeção Direta com Boroscópio	✓	x	✓
2. Técnicas de Ação Mecânica	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
2.1. Ensaio com Dilatómetro	✓	x	✓
2.2. Ensaio de Arrancamento por Tração – <i>Pull-Off</i>	✓	x	✓
2.3. Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito – <i>Martinet Baronnie</i> ou <i>Choque de Esfera</i>	✓	x	✓
2.4. Ensaio Simples com Macaco Plano (Determinação do Estado de Tensão)	✓	x	✓
2.5. Ensaio Duplo com Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)	✓	x	✓

2.6.	Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro de <i>Schmidt</i> e Pendular	✓	x	✓
2.7.	Técnica de Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira – <i>Resistograph</i>	✓	x	✓
2.8.	Técnica de Avaliação da Resistência de Argamassa - Método de Arrancamento de Hélice	✓	x	✓
2.9.	Técnica de Extração e Ensaio de Carotes	✓	x	✓
3.	Técnicas de Propagação de Ondas Elásticas	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
3.1.	Ensaio de Integridade de Estacas de Betão - Método Sónico	✓	x	✓
3.2.	Ensaio de Tomografia Sónica na Alvenaria Para Identificação de Heterogeneidades e Deficiências	✓	x	✓
3.3.	Ensaio de Ultrassons	✓	x	✓
4.	Técnicas de Detecção e Análise das Vibrações	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
4.1.	Análise e Monitorização de Vibrações em Estruturas	✓	x	✓
4.2.	Monitorização de Vibrações por Meio de Micro Sismógrafo	✓	x	✓
5.	Técnicas de Reações Químicas e Eletroquímicas	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
5.1.	Técnica da Resistência de Polarização (Taxa de Corrosão em Armaduras)	✓	x	x
5.2.	Técnica de Avaliação da Profundidade de Carbonatação – Indicador de Fenolftaleína	✓	x	✓
5.3.	Técnica de Medição dos Potenciais Elétricos (Detecção de Corrosão Ativa em Armaduras)	✓	x	✓
5.4.	Técnica de Determinação do Teor de Sais – <i>Kit</i> de Campo e Fitas Colorimétricas	✓	✓	x
6.	Técnicas de Propagação Eletromagnética	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
6.1.	Ensaio Termográfico	✓	✓	✓
6.2.	Prospecção Geofísica por Tecnologia de Radar	✓	x	✓
7.	Técnicas de Inspeção Hidrodinâmica dos Materiais e Estruturas	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
7.1.	Ensaio para Determinação da Absorção de Água por Capilaridade	x	✓	x
7.2.	Ensaio de Absorção de Água Sob Baixa Pressão – Tubo de <i>Karsten</i>	✓	✓	x
7.3.	Ensaio de Permeabilidade ao Vapor de Água	x	✓	✓
8.	Técnicas de Efeitos Elétricos e Magnéticos	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
8.1.	Técnica Para Detecção de Armaduras e Avaliação do Diâmetro e Recobrimento	✓	x	✓
9.	Técnicas de Monitorização	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
9.1.	Técnicas de Monitorização de Fissuras e Fendas – <i>Fissurómetro</i>	✓	x	✓
10.	Outras Técnicas	Reabilitação	Higrotérmica	Outros
10.1.	Técnicas de Registo de Condições Higrotérmicas	✓	✓	x
10.2.	Ensaio de Condutibilidade Térmica	x	✓	✓
10.3.	Ensaio de Pressurização - <i>Blower Door</i>	✓	✓	✓
10.4.	Ensaio de Variação Dimensional com a Humidade Relativa	x	✓	✓

Refere-se que esta matriz foi elaborada com base em conhecimentos adquiridos acerca da aplicabilidade das técnicas de diagnóstico, pelo que deve ser validada por estudos específicos.

3

ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Os objetivos deste capítulo são descrever e justificar a estrutura geral do catálogo de fichas de diagnóstico utilizadas em Engenharia Civil, bem como o modelo escolhido para as fichas de diagnóstico que fazem parte deste.

Na primeira parte do capítulo, explica-se a divisão escolhida para a organização do catálogo por capítulos e faz-se uma breve apresentação de cada um.

Na parte seguinte apresenta-se a organização das páginas de cada ficha, que inicialmente se planeou manter inalterável ao longo do catálogo, mas que no decorrer da elaboração individual de cada ficha se traduziu numa tarefa impossível, pelo facto de cada técnica de diagnóstico possuir particularidades individuais que não se aplicavam nas outras. Mesmo assim, tentou-se manter dentro do possível a estrutura geral das várias fichas para que o utilizador, depois de consultar uma ficha, seja capaz de comparar qualquer uma das técnicas de diagnóstico que constam no catálogo. Ainda nesta segunda parte, deu-se destaque a alguns tópicos para uma abordagem mais completa.

3.2. ESTRUTURA DO CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO

O Catálogo de Fichas de Diagnóstico foi dividido em dez tópicos, de forma a tornar a consulta rápida e expedita. Seguiu-se a mesma designação da estrutura adotada no capítulo anterior, na apresentação das várias técnicas de diagnóstico.

Assim, o catálogo possui no índice uma organização das fichas segundo os princípios de funcionamento das respetivas técnicas, o primeiro capítulo apresenta as *Técnicas de Percepção Sensorial*, o segundo apresenta as *Técnicas de Ação Mecânica*, seguindo-se os capítulos de *Técnicas de Propagação de Ondas Elásticas*, de *Técnicas de Detecção e Análise das Vibrações*, de *Técnicas de Reações Químicas e Eletroquímicas*, de *Técnicas de Propagação de Radiação Eletromagnética*, de *Técnicas de Inspeção Hidrodinâmica nos Materiais e Estruturas*, de *Técnicas de Efeitos Elétricos e Magnéticos*, de *Técnicas de Monitorização* e por fim o tópico de *Técnicas de Inspeção Higrotérmica*.

O catálogo, apresentado nesta dissertação, é constituído por 22 fichas, número este que se deve principalmente ao tempo e pesquisa necessários para a elaboração de cada ficha ser elevado face ao período disponível para a elaboração de toda a dissertação, optou-se por realizar menos fichas do que

planeado inicialmente, mas apresentando fichas interessantes e suficientemente completas para a consulta, tanto pelo interessado em solicitar os serviços, como o técnico de reabilitação. Mesmo que para o número de fichas apresentadas não se justifique a divisão em tantos capítulos, optou-se por escolher estes dez capítulos para que o catálogo permita a adaptação de novas fichas de diagnóstico. Como já foi referido, o catálogo é composto por 22 fichas, embora no capítulo anterior tenha sido feita a apresentação de mais técnicas de diagnóstico, onde também se referiram as técnicas apresentadas no catálogo, mas fica ainda a ideia de que existem mais técnicas que não foram referidas neste trabalho, pelo que a divisão escolhida prepara o catálogo para trabalhos futuros.

Para melhor compreender as construções atuais e para o próprio desenvolvimento da Engenharia Civil, pretende-se que este catálogo sirva de ponte entre várias formas existentes para diagnóstico de patologias dos edifícios e as técnicas de diagnóstico que existem para avaliação. Assim, na abordagem a um edifício que sofra de patologias possíveis de diagnosticar e depois corrigir, podemos otimizar os resultados obtidos com a correção, pois ao invés de se centrar a abordagem em conceitos pré-definidos e, que na maioria dos casos se opta inicialmente pela forma de correção mais rápida ou mais barata, passava-se agora a realizar ensaios para confirmação do que realmente é necessário para determinada patologia.

3.3. ESTRUTURA DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO

Na escolha da estrutura das fichas optou-se por condensar, em duas páginas, a informação de maior importância recolhida acerca de algumas técnicas de diagnóstico utilizadas em Engenharia Civil. Desta forma, pretende-se que ao consultar a ficha, mesmo sem conhecimento anterior, se consiga obter informações importantes de forma rápida e minimamente completa acerca da técnica de diagnóstico, relativa a essa ficha do catálogo.


A nível gráfico, optou-se por dividir as páginas da ficha em forma de quadro, para melhor organizar cada campo, aproveitando ao máximo o pouco espaço que se pretendia dispor, garantindo que todo o conteúdo seja visível e facilmente consultado.

No cabeçalho de cada ficha, colocou-se, em destaque, o título a identificar a técnica de diagnóstico e uma referência numérica para melhor organização do catálogo. Colocaram-se ainda no cabeçalho um esquema que identifica de forma rápida em que elemento/s construtivo/s pode ser utilizada a técnica, um quadro a seleccionar se a referida técnica é realizada “*In situ*” e/ou em “Laboratório” e ainda uma secção onde se referem as palavras-chave do conteúdo da ficha.

O corpo da primeira página da ficha iniciou-se com o tópico “Descrição”, onde se faz um breve resumo da técnica de diagnóstico, seguindo-se o tópico “Princípio de Funcionamento” do método e dos equipamentos necessários. No tópico seguinte, “Procedimento de Ensaio”, são ordenadas as diferentes etapas do ensaio. Segue-se o tópico “Equipamento”, onde se apresentam imagens referentes ao equipamento utilizado. A primeira página da ficha finalizou-se com os tópicos “Potencialidades” e “Limitações” da técnica a que diz respeito.

No topo da segunda página colocaram-se as classificações qualitativas dos aspetos “Custo” e “Dificuldade”, um quadro que identifica a técnica de diagnóstico como sendo “Destrutiva” ou “Não Destrutiva” e ainda uma outra secção, “Entidades Prestadoras”, onde se apresentam algumas entidades que prestam, em particular, o serviço da técnica de diagnóstico analisada nessa ficha. Segue-se o tópico “Material necessário”, onde são apresentados os equipamentos, acessórios e outros recursos necessários à realização do ensaio. No tópico abaixo, “Expressão de Resultados”, apresentam-se os dados que devem ser registados e os processos de registo que se devem seguir para cada ensaio.

Segue-se a “Interpretação dos Resultados”, onde são apresentados os procedimentos necessários para prosseguir com o tratamento de dados e explicadas as finalidades dos dados já tratados. Abaixo da secção, “Entidades Prestadoras” encontra-se o tópico “Documentos Normativos”, onde se apresentam normas, guias de execução e fichas de aplicação que são seguidas na execução de cada técnica tanto para Portugal como para outro país, pois podem existir várias vertentes na execução de cada técnica de diagnóstico. No final da ficha colocou-se o tópico “Valores de Referência”, onde se apresentam, caso existam, os valores obtidos em estudos anteriores ou, preferencialmente, os valores que constam em documentos normativos.

TÍTULO DA FICHA DE DIAGNÓSTICO		Ref. #
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave:		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DESCRIÇÃO:	EQUIPAMENTO:	
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:	POTENCIALIDADES:	
PROCEDIMENTO DE ENSAIO:	LIMITAÇÕES:	
Ref. #	TÓPICO DA FICHA DE DIAGNÓSTICO	

CUSTO: € € € € €	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS:																														
DIFICULDADE: ○ ○ ○ ○ ○																																
MATERIAL NECESSÁRIO:																																
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS:		DOCUMENTOS NORMATIVOS:																														
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">Ref. #</th> <th style="width: 70%;">Designação</th> <th style="width: 20%;">Ano</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Ref. #	Designação	Ano																											
Ref. #	Designação	Ano																														
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:		VALORES DE REFERÊNCIA:																														
Ref. #		TÍTULO DA FICHA DE DIAGNÓSTICO Ref. #																														

Figura 12 – Modelo de ficha de diagnóstico (frente e verso).

3.3.1. REFERÊNCIA

A quadrícula “Referência”, que se localiza no canto superior direito de cada ficha, estabelece a organização do catálogo. Optou-se por colocar em primeiro lugar o número referente à ordem da ficha na apresentação da tese, identificando ainda as referências bibliográficas, tabelas e imagens de cada ficha. O número a seguir à letra “F” (abreviatura do termo “Ficha”) diz respeito ao tópico que organiza o catálogo segundo a natureza da técnica. Após o ponto final, o número refere-se à organização dentro do tópico em que se insere, por ordem alfabética do título da ficha.

Por exemplo, a referência “18.F-9.1”, que se encontra no cabeçalho da ficha, pode ser entendido como sendo a 18ª ficha apresentada no catálogo, incluída no tópico 9 deste (Técnicas de Monitorização) e a primeira técnica de diagnóstico dentro deste tópico.

3.3.2. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA

Este campo, inserido no cabeçalho da ficha, tem como objetivo mostrar de forma rápida os elementos construtivos aos quais se pode aplicar a técnica de diagnóstico em análise. Construiu-se um esquema simples, que apesar de se assemelhar a uma moradia de dois pisos, contemple praticamente todos os elementos construtivos que se podem encontrar tanto em construções unifamiliares como multifamiliares. Ou seja, tem esquematizado o piso térreo onde se encontra o pavimento em contacto direto com o solo, assim como as paredes exteriores. No piso superior, as paredes exteriores e interiores e o teto ou cobertura do edifício.

A identificação do elemento construtivo em que pode ser aplicada a técnica da ficha em questão, foi efetuada através de símbolos. No caso da técnica se aplicar apenas pontualmente, como por exemplo o fissurómetro que se aplica na zona de fissuras, utilizou-se um círculo vermelho centrado no/s elemento/s. Quando aplicada a todo o elemento construtivo, como por exemplo no ensaio de arrancamento que a norma exige um mínimo de arrancamentos no mesmo elemento, optou-se por colocar o traço relativo a esse/s elemento/s construtivos com maior espessura e de cor vermelha. No caso de todo o esquema se encontrar a cor vermelha, significa que a técnica pode ser aplicada em qualquer elemento do edifício, ou simplesmente porque se aplica a um material, sem ser identificado o elemento no qual está ou vai ser aplicado.

3.3.3. DESCRIÇÃO

É o campo que apresenta um resumo introdutório à técnica de diagnóstico em análise na ficha, onde se identifica a natureza do ensaio e se introduz o tipo de procedimento deste. Pode ainda estar aqui referido em que fase do edifício tem interesse aplicar este diagnóstico, isto quando se justifica pois existem técnicas que podem ser aplicadas em qualquer fase servindo mais para a avaliação do estado do material já aplicado ou para ser aplicado.

3.3.4. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Aqui, como o próprio título do campo indica, referem-se quais os princípios utilizados na avaliação/verificação para o material ou elemento construtivo em questão, através da técnica aplicada.

3.3.5. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

Enumeram-se as diferentes etapas do ensaio, para que a pessoa interessada em requisitar este serviço a uma empresa ou instituição especializada fique previamente a conhecer as implicações da realização do diagnóstico pretendido. O procedimento aqui apresentado tem origem nas normas aplicáveis ao e na ausência destes, as informações foram retiradas de documentos como fichas de ensaios ou estudos anteriores acerca do ensaio.

3.3.6. EQUIPAMENTO

Mostram-se algumas imagens e esquemas das máquinas e acessórios utilizados, bem como imagens durante a realização do ensaio, pois visualmente facilita na compreensão de alguns pormenores que possam estar textualmente mal explicados. O espaço ocupado por este tópico varia de ficha para ficha,

conforme a necessidade de aumentar as imagens para se manterem suficientemente perceptíveis ao interessado.

3.3.7. CUSTO

A ideia inicial consistia em colocar uma margem de valores necessários para a realização do diagnóstico apresentado na ficha, acabou por se transformar numa classificação qualitativa, pois em várias das técnicas de diagnóstico abordadas nesta dissertação existia uma dificuldade enorme em obter os preços praticados pelos diferentes laboratórios ou empresas. Depois, pela constante evolução dos preços, rapidamente o catálogo final ficaria desatualizado, optou-se por atribuir uma classificação subjetiva, baseada em alguns preços que se conseguiram obter e nas informações pesquisadas sobre o tempo, equipamentos e mão-de-obra necessários para cada técnica, em comparação com as restantes do catálogo.

O custo aqui contabilizado tem origem no custo da realização do serviço, como número de operadores necessários e duração necessária, em média, para preparação e realização do serviço e obtenção de resultados, não sendo contabilizados o custo de compra e reparação dos equipamentos e custo dos transportes necessários.

3.3.8. TÉCNICA DESTRUTIVA / NÃO DESTRUTIVA

Neste campo, a abordagem limitou-se a uma análise apenas sob dois níveis, destrutiva ou não, preenchendo-se ambos os níveis quando a classificação depende do tipo de execução da técnica.

Após uma análise mais completa deste ponto, conclui-se que deveria ser colocada aqui uma classificação com mais níveis, à semelhança, por exemplo, da forma de classificação do custo e da dificuldade, ou seja, a atribuição de um entre cinco níveis de destrutividade da técnica a realizar, comparativamente com as restantes.

3.3.9. DIFICULDADE

A classificação deste campo, à semelhança da classificação anterior, é qualitativa, servindo de orientação para o técnico ou cliente interessado em solicitar este serviço. A avaliação baseou-se na comparação de alguns fatores, entre as várias técnicas de diagnóstico, como duração do ensaio, níveis de conhecimento científico e técnico exigido ao/s operadores/s dos equipamentos, quantidade de ensaios necessários para retirar conclusões da técnica escolhida, limitações na colocação e utilização dos equipamentos face às condições do edifício, elemento construtivo ou material em análise.

3.3.10. ENTIDADES PRESTADORAS

Neste ponto, apresentam-se algumas empresas e laboratórios que apresentam esta técnica de diagnóstico como fazendo parte da sua lista de serviços prestados. Foram colocados neste campo, apenas as entidades que apresentam na sua página de internet uma lista dos seus serviços e na qual está incluído o ensaio em questão.

3.3.11. EXPRESSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico explica-se uma forma de abordagem aos dados ou valores fornecidos pelos equipamentos ou registados pelos técnicos em obra ao longo do ensaio e, quando necessário, apresentam-se equações nas quais é necessário substituir valores para se obter resultados comparáveis com estudos anteriores, ou até mesmo com outros ensaios realizados nos mesmos locais.

3.3.12. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a realização do ensaio e de todos os resultados necessários obtidos, este capítulo serve quase de conclusão para o utilizador compreender o objetivo dos valores que foram obtidos ao longo do ensaio e qual o resultado do diagnóstico que foi realizado.

3.3.13. DOCUMENTOS NORMATIVOS

Neste campo apresenta-se um conjunto de documentos relativos à aplicação do ensaio de cada ficha, alguns destes serviram de base à realização da ficha. Encontram-se outros documentos para consulta do utilizador, caso sejam necessárias mais informações acerca da técnica, ou quando esta é realizada sob condições diferentes das apresentadas, pois dentro da mesma técnica de diagnóstico pode existir mais do que uma variante para obter resultados, muitas vezes pelo facto de variar o tipo de revestimento do elemento construtivo em análise, a sua orientação, posição ou função no edifício. Estão ainda referenciados documentos de outros países, dinamizando a utilização da técnica em trabalhos fora de Portugal ou mesmo da União Europeia.

3.3.14. VALORES DE REFERÊNCIA

O utilizador pode neste tópico, quando aplicável à técnica, consultar valores retirados de estudos, trabalhos e relatórios de ensaios anteriores, servindo como forma de interpretação dos resultados no estudo de diagnóstico. Foram tidos em conta valores normalizados ou, na ausência destes, os valores resultantes de estudos anteriores.

3.4. ELABORAÇÃO DA FICHA DE DIAGNÓSTICO 19 – FICHA 10.1

A elaboração da ficha de diagnóstico pretende uma abordagem mais aprofundada sobre diversos aspetos de cada técnica, sobre as quais foi inicialmente efetuada uma pesquisa bibliográfica o mais completa possível, com vista a conhecer as várias abordagens aos equipamentos utilizados e as formas de interpretação dos resultados obtidos, que dependem também do tipo e localização de edifício, pois o objetivo será a elaboração de uma ficha para abranger o maior número de profissionais possível.

Uma parte que se considera importante nesta análise, para se obter uma boa forma de avaliar e abordar cada técnica de diagnóstico, é o conhecimento prático na utilização dos equipamentos, pois só assim se consegue transmitir as verdadeiras potencialidades e limitações dos equipamentos utilizados e desta forma preparar os profissionais que consultem a ficha antes de iniciar o diagnóstico a um edifício.

No entanto, a elaboração da maior parte das fichas que compõe o Catálogo de Fichas de Diagnóstico, baseou-se numa abordagem mais teórica, sob forma de pesquisa de obras e estudos anteriores, nos quais foram testadas e analisadas as técnicas de diagnóstico escolhidas para este trabalho. Esta limitação deveu-se não só pelo facto do período de tempo disponível para a conclusão do trabalho ser

bastante limitado, mas também pela exigência de formação para a utilização de alguns dos equipamentos abordados e ainda ao facto de alguns desses equipamentos não serem de fácil acesso ou disponibilidade.

As fichas em que houve um maior contacto com a técnica de diagnóstico analisada, sob o ponto de vista prático, na realização de medições ou ensaios foram a “Ficha 2.1 – Ensaio de Arrancamento por Tração – *Pull-Off*” e a “Ficha 10.1 – Técnicas de Registo e Monitorização das Condições Higrotérmicas”.

Apresenta-se de seguida o processo de elaboração da “Ficha 10.1 – Técnicas de Registo e Monitorização das Condições Higrotérmicas”, exemplo de um modelo de abordagem mais completo, que deveria ter sido seguido nas restantes técnicas de diagnóstico do catálogo.

3.4.1. PROCESSO DE ELABORAÇÃO

No início, efetuou-se uma pesquisa bibliográfica acerca das abordagens para a avaliação das condições higrotérmicas ideais, de forma a obter-se conforto dentro dos edifícios, minimizando o seu consumo energético.

Após a pesquisa, houve a oportunidade de experimentar um dos equipamentos utilizado na avaliação das condições higrotérmicas de um edifício para, dessa forma, ficar a conhecer as suas características na prática e assim validar o conteúdo da ficha. O equipamento em causa é o *Protimeter MMS2*, que foi cedido pelo Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LFC - FEUP), trata-se de um equipamento semelhante a um termo-higrómetro, mas que possui mais funções que o habitual. Segundo as suas especificações técnicas, de entre outras funções, permite:

- Medir temperatura de superfícies por infravermelhos;
- Medir humidade relativa e temperatura ambiente, com resposta rápida;
- Realizar múltiplos cálculos psicométricos;
- Determinar o ponto de orvalho;
- Armazenar valores obtidos nas medições.

Depois da utilização do equipamento que permite a avaliação de forma pontual das condições higrotérmicas num edifício, procedeu-se à elaboração da ficha com maior conhecimento prático para a crítica desta técnica de diagnóstico.

Algo que limita o equipamento, é o facto de permitir apenas recolha pontual de dados, não possibilitando a recolha de dados contínua ao longo de um período de tempo. No entanto, para a elaboração da ficha devem analisar-se ambas as abordagens, pois como foi referido, o objetivo da ficha é tentar tornar a análise à técnica de diagnóstico abrangente.

3.4.2. DESCRIÇÃO E PRINCÍPIO DA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO

O conforto térmico não é linear, pois as mesmas pessoas podem sentir-se confortáveis em condições térmicas diferentes, dependendo também das características oferecidas pelo edifício. Este depende do tipo de atividade que está a realizar, o vestuário que utiliza e o próprio metabolismo da pessoa [34].

A monitorização da temperatura e da humidade relativa é importante, pois afetam o conforto e a saúde dos seus ocupantes, a qualidade do ar, a durabilidade do edifício em si e dos seus materiais e ainda o consumo de energia neste.

3.4.3. NORMAS APLICÁVEIS

As normas encontradas na pesquisa efetuada, que se aplicam à medição das condições higrotérmicas num edifício, foram a *ANSI/ASHRAE Standard 55:2010* [38], onde estão definidos intervalos de valores para as condições interiores e soluções de projeto para proporcionar não só o conforto da maioria dos ocupantes, mas também para respeitar regras de sustentabilidade do edifício; a *EN ISO 7730:2005* [39], que foi desenvolvida em paralelo com a anterior, especifica métodos para medição e avaliação dos ambientes moderados e extremos aos quais o ser humano é exposto; a *DIN 1946-2:1994* [40], norma alemã que regulamenta os requisitos técnicos de saúde quanto à ventilação e uso de equipamentos de ar condicionado dentro dos edifícios [34].

3.4.4. REGISTO E MONITORIZAÇÃO DE CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS

O registo de valores como os de humidade relativa e temperatura ambiente, podem ser utilizados tanto para diagnóstico como para monitorização de edifícios. Quando se pretende recolher dados de forma contínua utilizam-se *dataloggers*, no caso de medições pontuais existem os termo-higrómetros, como o referido *Protimeter MMS2*, para análise simultânea da temperatura e humidade relativa ambientes, ou de forma individual, os termómetros para medição da temperatura ambiente e de superfície e os higrómetros para medição da humidade relativa.

3.4.4.1. Dataloggers

São equipamentos portáteis, de pequenas dimensões, com sensores eletrónicos concebidos para medição de temperatura e humidade relativa. É possível programar as horas para recolha de dados, que podem ser armazenados no equipamento por longos períodos, para depois serem transferidos para o computador e posteriormente serem tratados [35].

Os dados são registados de forma contínua, sem que necessite da presença humana durante o registo, possui ainda vantagens como o armazenamento durante longos períodos de tempo, longa duração de bateria e fácil utilização [35].

3.4.4.2. Termo-higrómetro

Para a análise deste tipo de equipamentos, utilizou-se como base o aparelho *Protimeter MMS2* (Figura 13), que houve a oportunidade de utilizar. Este tipo de equipamentos permite uma recolha de dados pontual, ou seja, para caracterização de um local em várias alturas do dia, meses ou ano são necessárias várias medições, sempre com deslocação da pessoa responsável ao local em análise, de forma a possibilitar uma aproximação da oscilação de valores.



Figura 13 - Protimeter MMS2 [41].

Este equipamento é mais utilizado para caracterização momentânea no local onde se vão efetuar outras medições que não são possíveis com os *dataloggers*, como a temperatura de superfície sem contacto com esta por meio de tecnologia infravermelha, verificação do ponto de condensação em certos locais, verificação da existência de humidade nos materiais de revestimento ou por trás destes. Uma vantagem deste equipamento face aos *dataloggers*, é que permite verificar a alteração de valores em vários pontos para cada divisão do edifício em análise de forma rápida, enquanto nos outros equipamentos é necessário estudar a melhor localização do sensor, pois geralmente não se altera de local até ao final das medições.

Centrando-se a análise no *Protimeter MMS2*, determinou-se o seguinte:

- A fonte de energia utilizada é uma pilha de 9V recarregável, que em utilização, tem uma duração de cerca de 4 horas, bastante influenciada pela luminosidade escolhida para o ecrã, e claro pelo uso que se dá das suas funções, mas que se traduz suficiente para o diagnóstico de um edifício pequeno, se existir necessidade de mais autonomia basta para isso a troca de pilha;
- A portabilidade do equipamento é elevada, pois tem um peso inferior a 300 gramas, com dimensões que permitem o seu transporte numa mala ou até no bolso do casaco;
- É um equipamento intuitivo e de fácil utilização, embora não prescindia da consulta do manual para a sua utilização;
- Permite avaliar vários tipos de superfícies e locais de difícil acesso, recorrendo aos acessórios que se podem ligar ao equipamento;
- Durante um ou mais diagnósticos de edifícios, pode memorizar-se no equipamento cada valor medido, estes dados são memorizados contendo o dia e a hora em que foi efetuada a medição de cada valor;
- O tratamento dos valores registados é efetuado no computador com *software* adequado, e a transferência dos dados armazenados no equipamento para este é através de um cabo USB;
- O equipamento tem um custo entre os 1.100 e os 1.400 euros, consoante os acessórios escolhidos, um preço algo elevado mas que também não obriga a praticamente nenhum custo de utilização para a quantidade de funções que possui, ou seja, é praticamente só carregar e utilizar, com calibração aconselhada ao fim de cada ano de utilização;
- Um problema verificado quando o transporte do equipamento é feito no bolso ou noutra local com temperatura e humidade superior, é que este necessita de um intervalo de

tempo para estabilização de valores elevado, cerca de 6 a 10 minutos, variando com as condições a que é submetido o equipamento;

- A oscilação de valores ao movimentar-se por zonas com diferentes condições não é tão rápida como esperava, o que talvez se deve ao facto do tipo de sensor utilizado, mas não foi experimentado a troca para outro tipo de sensor como o que mostrava o catálogo do equipamento;
- Este equipamento pode ser utilizado em vários tipos de materiais, não possuindo grandes limitações nesse aspeto;
- Possui uma garantia de 2 anos em defeitos de fabrico e mecânicos, assim a maioria dos equipamentos eletrónicos existentes no mercado;

3.4.4.3. Expressão dos resultados

Os resultados obtidos podem ser expressos sob a forma de gráficos, no caso de se possuir registos em diferentes alturas, ou quando os registos têm origem em medições contínuas de *dataloggers*, e assim permitir estudar qual a melhor abordagem para melhorar as condições de dado edifício. Após essas alterações, podem voltar-se a efetuar medições para comparar valores como forma de verificação.

Nos resultados de medições pontuais, com recurso a esquemas dos locais analisados, podem localizar-se quais as zonas mais suscetíveis a problemas de humidade, pontes térmicas sem tratamento, existência de descontinuidades no isolamento térmico, entre outros.

3.4.4.4. Dificuldade/custo da técnica de diagnóstico

A atribuição da classificação de nível 2 num máximo de 5 níveis no custo desta técnica de diagnóstico não deixa de ser subjetivo. Neste caso, com as informações encontradas durante a pesquisa, tiveram mais peso aquelas relativas ao número de horas de trabalho, número de técnicos necessários e tipo de avaliação requerido, do que propriamente o custo inicial dos equipamentos necessários, uma vez que a ficha será para consulta principalmente por parte de profissionais da área, numa fase de avaliação ao edifício, onde poderão consultar quais os ensaios mais adequados às patologias encontradas e se consideram necessário contratar esses serviços às empresas especializadas. Deste ponto de vista, uma vez que o custo inicial do aparelho fica a cargo da empresa a contratar, faz todo o sentido para o tipo de ficha que se está a preencher a apresentação de uma classificação comparativa para o custo da contratação deste serviço, face às restantes técnicas de diagnóstico do catálogo.

Para a atribuição de uma classificação para as dificuldades apresentadas na aplicação desta técnica de diagnóstico em particular, mais uma vez de carácter subjetivo, foram tidos em conta fatores como a necessidade de deslocações de um técnico para medições em diferentes alturas ao local em estudo no caso da recolha pontual de valores, necessidade de deslocação do técnico apenas para colocar e retirar os *dataloggers* no caso de recolha contínua de valores, a rapidez com que os dados recolhidos podem ser transferidos para o computadores e trabalhados e ainda a relativa dificuldade de interpretação desses dados para finalizar o diagnóstico e indicar a melhor forma de atuação para correção dos valores no edifício em estudo. Esta análise comparativa com as restantes técnicas teve em conta a forma de utilizar cada um dos vários equipamentos, a forma de se obter dados possíveis de se interpretar, tempo necessário para a realização dos ensaios, níveis de formação necessários por parte dos técnicos responsáveis, bem como as várias dificuldades referidas nos relatórios e estudos encontrados.

3.4.4.5. Exemplo de empresas que realizam avaliação das condições higroscópicas

Por fim, efetuou-se ainda uma pesquisa de empresas que prestam serviços na área da construção, cuja atividade passe pelo diagnóstico de anomalias em edifícios e avaliação do seu desempenho, tanto para as construções recentes como para as mais antigas. No caso particular desta técnica de diagnóstico, encontraram-se as empresas *Oz-Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda.*, a *PDIG-Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios* e ainda o *LFC-FEUP - Laboratório de Física das Construções da Universidade do Porto*. Esta pesquisa baseou-se principalmente na apresentação que as empresas mostravam nas suas páginas de internet, sem qualquer tipo de contacto direto com as mesmas, exceto no caso do LFC-FEUP, com o qual existia maior facilidade de confirmação das técnicas de diagnóstico que realizavam, uma vez que se trata do laboratório instalado na faculdade frequentada.

3.4.5. VALORES DE REFERÊNCIA

Os intervalos de valores de humidade relativa e temperatura ambiente ditos ideais, para o interior de um edifício, podem não o ser no ponto de vista de comportamento de certos materiais, ou até mesmo pela sensação térmica dos seus ocupantes. No caso dos materiais, estes devem ser escolhidos depois de conhecer qual o uso do local onde vão ser aplicados, pois podem sofrer alteração de características, como o aumento ou diminuição de dimensões. No caso dos ocupantes torna-se ainda mais complicado a definição de valores ideais, pois depende de vários fatores, como por exemplo o nível de atividade física ou o próprio metabolismo da pessoa.

De qualquer forma, a *EN ISO 7730:1993* [42] (última versão, a *EN ISO 7730:2005* [39]), aconselha alguns intervalos de valores para a temperatura do ar interior, humidade do ar interior, diferença de temperatura do ar na vertical entre 1,8 m e a 0,1 m acima do pavimento e para a temperatura do pavimento (Tabela 2). Também a *DIN 1946:1994* [40] fornece um esquema, que mostra a zona de conforto na relação entre a humidade relativa no ambiente interior e a temperatura interior (Figura 14).

Tabela 2 – Alguns valores adotados pela norma EN ISO 7730:1993 [42].

Parâmetros	Valores recomendados
Temperatura do ar interior	Entre 20°C e 24°C (Estação aquecimento)
	Entre 23°C e 26°C (Estação arrefecimento)
Humidade da atmosfera interior	Entre 40% e 70%
Diferença de temperatura do ar na vertical entre 1,8 m e a 0,1 m acima do pavimento	Inferior a 3°C
Temperatura do pavimento	Entre 19°C e 26°C

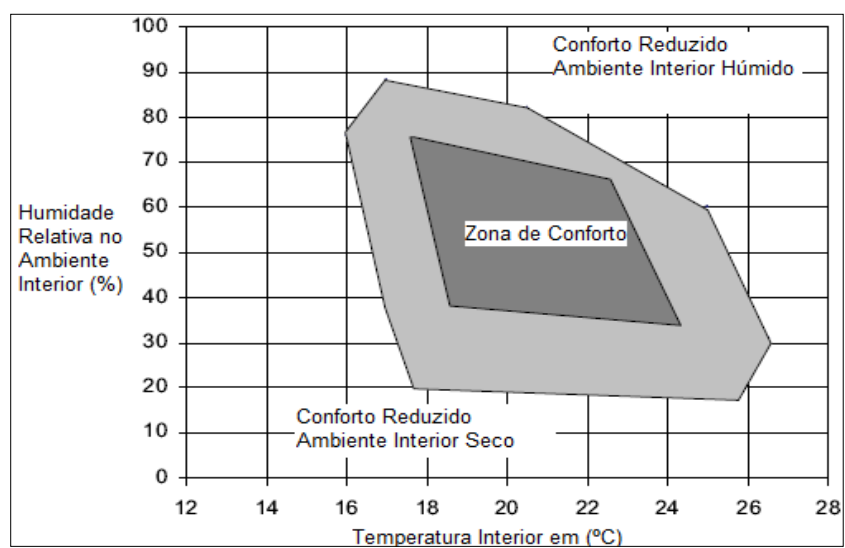


Figura 14 – Esquema representativo entre a temperatura e umidade relativa interior [40].

4

CATÁLOGO DE FICHAS DE DIAGNÓSTICO UTILIZADAS EM ENGENHARIA CIVIL

4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Apresentam-se, neste capítulo, as Fichas de Diagnóstico que compõe o Catálogo de Fichas de Diagnóstico, cuja estrutura já foi explicada.

Refere-se, uma vez mais, que o catálogo está subdividido em dez capítulos, que dizem respeito ao princípio de funcionamento ou natureza da técnica de diagnóstico analisada na referida ficha.

Com vista à possível introdução das fichas no futuro, que possam vir a ser utilizadas de forma independente desta dissertação, onde se explicou o processo de elaboração de forma completa, organizaram-se as referências bibliográficas de cada ficha de diagnóstico num subcapítulo deste Capítulo 4, também de forma independente da restante bibliografia da dissertação, embora a sua referência também lá tenha sido feita. Para que não existam conflitos entre a numeração adotada na bibliografia geral e na bibliografia das fichas, introduziu-se o número de ordem das fichas. Por exemplo, a primeira referência bibliográfica da primeira ficha é “1.1”, para a segunda ficha é “2.1”, mantendo-se o mesmo procedimento para as restantes fichas.


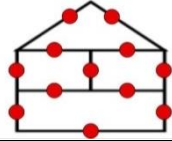


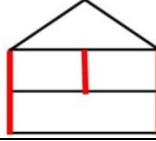
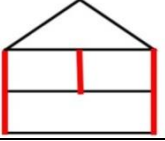
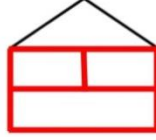





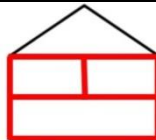
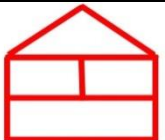

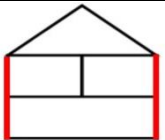

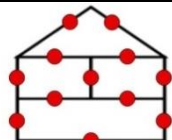
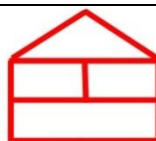

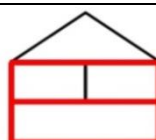
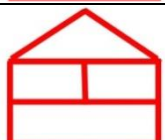
4.2. FICHAS DE DIAGNÓSTICO

Como forma de tornar a consulta das várias fichas mais fácil, apresenta-se na Tabela 3 o índice das fichas e respetivas referências bibliográficas do Catálogo de Fichas de Diagnóstico.


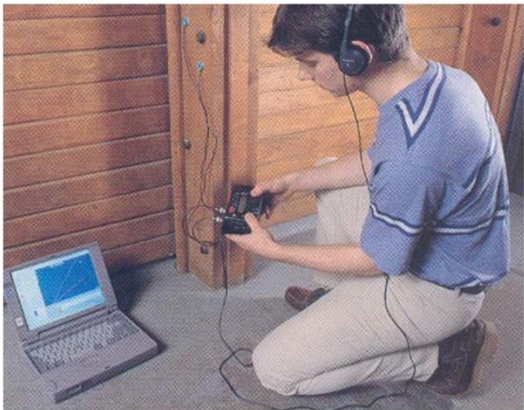
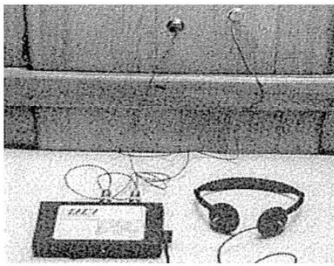
Tabela 3 – Índice do Catálogo de Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil.



		Pág.
T.1	TÉCNICAS DE PERCEÇÃO SENSORIAL	
	1. F-1.1 - Técnica de Detecção Acústica de Insetos Xilófagos	38
	2. F-1.2 - Técnica de Inspeção Direta com Boroscópio	40
T.2	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	
	3. F-2.1 - Ensaio de Arrancamento por Tração - <i>Pull-Off</i>	42
	4. F-2.2 - Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito - <i>Martinet Baronnée</i> ou Choque de Esfera	44
	5. F-2.3 - Ensaio Simples com Macaco Plano (Determinação do Estado de Tensão)	46
	6. F-2.4 - Ensaio Duplo com Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)	48
	7. F-2.5 - Ensaio Esclerométrico - Esclerómetros <i>Schmidt</i> e Pendular	50
	8. F-2.6 - Técnica de Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira - <i>Resistograph</i>	52
T.3	TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELÁSTICAS	
	9. F-3.1 - Ensaio de Ultrassons	54
T.4	TÉCNICAS DE DETECÇÃO E ANÁLISE DAS VIBRAÇÕES	
T.5	TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	
	10. F-5.1 - Técnica de Resistência de Polarização - Taxa de Corrosão em Armaduras	56
	11. F-5.2 - Técnica de Avaliação da Profundidade de Carbonatação - Indicador de Fenolftaleína	58
	12. F-5.3 - Técnica de Medição de Potenciais Elétricos - Detecção de Corrosão Ativa em Armaduras	60
	13. F-5.4 - Técnicas de Determinação do Teor de Sais - <i>Kit</i> de Campo e Fitas Colorimétricas	62
T.6	TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
	14. F-6.1 - Ensaio Termográfico	64
T.7	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MATERIAIS E ESTRUTURAS	
	15. F-7.1 - Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade	66
	16. F-7.2 - Ensaio de Absorção de Água Sob Baixa Pressão - Tubo de <i>Karsten</i>	68
	17. F-7.3 - Ensaio de Permeabilidade ao Vapor de Água	70
T.8	TÉCNICAS DE EFEITOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS	
T.9	TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO	
	18. F-9.1 - Técnicas de Monitorização e Fissuras e Fendas – Fissurómetro	72
T.10	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA	
	19. F-10.1 - Técnicas de Registo e Monitorização das Condições Higrotérmicas	74
	20. F-10.2 - Ensaio de Condutibilidade Térmica	76
	21. F-10.3 - Ensaio de Pressurização - <i>Blower Door</i>	78
	22. F-10.4 - Ensaio de Variação Dimensional com a Humidade Relativa	80
	Referências Bibliográficas do Catálogo	82

Tabela 4 – Aplicabilidade das Fichas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil.



1. F-1.1		2. F-1.2	
3. F-2.1		4. F-2.2	
5. F-2.3		6. F-2.4	
7. F-2.5		8. F-2.6	
9. F-3.1		10. F-5.1	
11. F-5.2		12. F-5.3	
13. F-5.4		14. F-6.1	
15. F-7.1		16. F-7.2	
17. F-7.3		18. F-9.1	
19. F-10.1		20. F-10.2	
21. F-10.3		22. F-10.4	

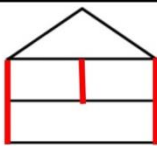


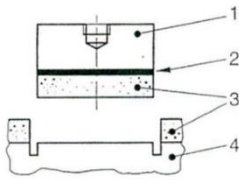

Refere-se que os esquemas presentes nesta tabela, foram elaborados com base em conhecimentos adquiridos acerca das técnicas de diagnóstico, pelo que devem ser validados por estudos específicos.

TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS		Ref. ^a 1.F-1.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Palavras-chave: insetos xilófagos; deteção acústica; elementos de madeira; ondas sonoras; inspeção; infestação; auscultação		
DESCRIÇÃO: <p>Esta técnica tem o objetivo de detetar a presença de insetos xilófagos dentro de elementos de madeira, em fases iniciais de infestação, quando ainda não existem sinais exteriores visíveis.</p> <p>Os estudos existentes mostram a sua utilidade na deteção de atividade das térmitas, podendo inclusive detetar-se a zona onde elas se encontram [1.1].</p>		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 1.1 - Deteção acústica de insetos xilófagos [1.2].</p>  <p>Figura 1.2 - Aparelho de deteção acústica [1.3].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>Esta técnica de diagnóstico, denominada INADEC (<i>Insect Acoustic Detection</i>), utiliza um aparelho portátil desenvolvido na Europa. Consiste na colocação de recetores acústicos que funcionam no domínio do audível (100 Hz - 25 kHz) que transmitem o sinal a um módulo de receção, amplificação e filtração que limitam a banda de frequências compreendidas entre 1 kHz e 20 kHz. O sinal é digitalizado e pode ser armazenado num DAT (<i>Digital Audio Tape</i>), ou ser enviado diretamente para um computador portátil, para posteriormente ser processado. Este sinal é depois comparado com outros sinais padrão, processados em condições controladas.</p> <p>Por este processo, pode ser detetada a atividade de térmitas e ceram-bicódeos, a distâncias de 2 metros dentro da mesma peça [1.2].</p>		
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar os sensores de emissão acústica no mesmo elemento de madeira. 2. Colocar os auscultadores e escutar se existe algum ruído. 3. Gravar o som emitido no elemento em cada ensaio, para posterior comparação com sons da base de dados. 4. Repetir o processo para cada elemento de madeira, individualmente. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Permite detetar zonas atacadas, sem que ainda seja possível identificar por inspeção visual. • Permite controlar a eficiência de tratamentos realizados logo na fase posterior a estes, sem que seja necessário aguardar até desenvolvimento do problema até que se torne visível. • Em função do volume e natureza do sinal sonoro produzido, é possível, para alguns modelos comerciais, estimar a intensidade do ataque e distingui-lo da ação de outros organismos vivos, como por exemplo, os roedores.
		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Só é possível detetar problemas no ensaio separadamente para cada peça de madeira. • O alcance em cada peça de madeira tem um limite de dois metros. • Não é um método de avaliação da capacidade resistente da madeira, mas apenas de deteção da existência de ataques biológicos por insetos xilófagos. Da mesma forma, não fornece qualquer informação em relação à secção residual das peças.
1.F-1.1	TÉCNICAS DE PERCEÇÃO SENSORIAL	

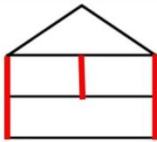




CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: Não se encontraram empresas que apresentem este ensaio como um dos serviços que oferecem, no entanto é um ensaio simples de realizar para deteção de anomalias em elementos de madeira.
DIFICULDADE: 		
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> • Sensores de emissão acústica; • Amplificador; • Sistema processador de sinal; • Secção de indicadores e armazenamento; 		
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: Pelo facto de para este ensaio não se ter encontrado documentos normalizados nem relatórios técnicos, pode apenas transmitir-se que para este ensaio o técnico deve registar os sons emitidos nos elementos de madeira, para posteriormente comparar com conjunto de sons que possui identificando os animais que o produzem e assim identificar qual o nível e gravidade da infestação do local em análise.		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Não foram encontrados documentos técnicos ou normas relativos a este ensaio.
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: Quando são detetadas fontes de ruído existentes na base de dados dos técnicos, deve ser iniciado o tratamento para os organismos que lá se encontram. O tratamento aplica-se aos elementos de madeira onde foram detetados os ruídos, bem como aos elementos vizinhos com ligações a estes.		VALORES DE REFERÊNCIA : Não se aplica a esta técnica de diagnóstico.
TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSECTOS XILÓFAGOS 1.F-1.1		

TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO		Ref. ^a 2.F-1.2
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
<p>Palavras-chave: boroscopia; inspeção visual; fendas; observação direta; anomalias; defeitos; estrutura;</p>		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>DESCRIÇÃO:</p> <p>Em qualquer tipo de inspeção a desenvolver, a inspeção visual é o primeiro passo para a identificação das anomalias ou defeitos existentes.</p> <p>Apesar de não se considerar como um ensaio, a observação direta da estrutura é uma fase essencial do seu estudo. Esta inspeção deve ser realizada por um técnico ou equipa qualificados, de modo a obter-se um conhecimento e interpretação da estrutura, com a finalidade de indicar uma forma de inspeção mais detalhada sobre a mesma [2.1].</p>		<p>EQUIPAMENTO:</p>  <p>Figura 2.1 - Alguns modelos de boroscópios [2.3].</p>
<p>PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:</p> <p>A inspeção visual é um dos mais poderosos e versáteis meios de inspeção, no entanto a sua eficiência depende do conhecimento e da experiência do investigador [2.1].</p> <p>A inspeção visual pode dividir-se em duas áreas. A inspeção visual externa que, como o próprio nome indica executa o exame à superfície exterior da estrutura, e a inspeção visual interna, que inspeciona o interior da estrutura, através de meios de inspeção como a técnica aqui analisada, o Boroscópio [2.1].</p> <p>A boroscopia é um método não intrusivo, com o qual se podem identificar elementos distintos na secção. Trata-se de um complemento à inspeção visual simples, pois permite uma inspeção de pormenor ao interior das fendas de pequenas dimensões (o suficiente para introdução da haste de observação) existentes na construção [2.2].</p>		 <p>Figura 2.2 - Exemplos da aplicação do boroscópio [2.2].</p>
<p>PROCEDIMENTO DE ENSAIO:</p> <p>Não existe propriamente um procedimento de ensaio, pois trata-se de um ensaio que depende mais das capacidades de análise e conhecimentos do investigador [2.2].</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A seleção dos pontos de observação tem de ser efetuada de uma forma cuidada, excetuando os casos onde se encontrem facilmente fendas de largura suficiente, de modo a garantir um bom campo de observação. 2. Caso a fenda não possua largura suficiente, pode-se efetuar furos com auxílio de um berbequim com um diâmetro de cerca de 10 a 12mm. 3. Seguindo-se a introdução da haste de observação devidamente ligada à fonte de iluminação, podendo então proceder-se à observação do interior até aos limites do furo. 		<p>POTENCIALIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Portabilidade. •Resultados imediatos. •Sem grandes exigências de preparação das peças. <p>LIMITAÇÕES:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Apenas permite a inspeção das superfícies visíveis, os defeitos internos à estrutura não são observáveis. •Não dá acesso a nenhuma informação quantitativa dos materiais. •Geralmente só deteta problemas maiores. •Pode dar origem a má interpretação em ranhuras e fissuras.
2.F-1.2	TÉCNICAS DE PERCEÇÃO SENSORIAL	

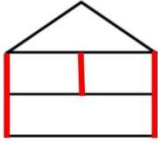
CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc CIVILINSP http://www.civilinsp.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>
DIFICULDADE: 		
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Boroscópio (com ótica de haste, iluminação por feixe de luz e ligação a processador de vídeo e/ou fotografia, com fonte de alimentação própria); Berbequim. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Não foram encontrados documentos técnicos ou normas relativos a este ensaio.
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: Pelo facto de para este ensaio não se ter encontrado documentos normalizados nem relatórios técnicos, pode apenas transmitir-se que para este ensaio o técnico deve registar todas as particularidades observadas.		
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: Quando são detetadas zonas que suscitam dúvidas, o técnico deve proceder a uma análise mais completa, recorrendo a ensaios mais exaustivos.		VALORES DE REFERÊNCIA : Não se aplica a esta técnica de diagnóstico.
TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO 2.F-1.2		

ENSAIO DE ARRANCAMENTO POR TRAÇÃO - PULL-OFF		Ref. ^a 3.F-2.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: <i>pull-off</i> ; aderência; arrancamento; tração; paredes; pavimento; teto; revestimento; ladrilhos; argamassas		
DESCRIÇÃO: <p>Técnica para avaliação <i>in situ</i> da aderência de revestimentos ao suporte.</p> <p>Aplica-se a diversos revestimentos aderentes, como argamassas de revestimento, estuques, ladrilhos cerâmicos e vários tipos de tintas. Mas também em sistemas de reparação de betão.</p> <p>Pode realizar-se este ensaio durante a fase de execução (para controlo de qualidade) ou na fase de pós-ocupação (para avaliação do desempenho em serviço) [3.1].</p>		EQUIPAMENTO: <div>   </div> <p>Figura 3.1 - Aparelho para ensaio <i>pull-off</i> [2.4].</p> <p>Figura 3.2 - Pastilhas metálicas [3.1].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>Este ensaio permite avaliar o nível de aderência entre camadas de materiais, a fim de avaliar quais as camadas que apresentam problemas. Ou simplesmente para verificar se as camadas que constituem o revestimento em análise apresentam boas condições, para permitir a maior longevidade deste [3.2].</p>		<div>   </div> <p>Figura 3.3 - Esquema de provete após arrancamento [3.5]: 1) Pastilha metálica; 2) Cola; 3) Argamassa de revestimento; 4) Suporte.</p> <p>Figura 3.4 - Superfície afetada após realização do ensaio [3.6].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> Execução de corte perpendicular à superfície do material, com secção circular (de 20 ou 50 mm de diâmetro) através de carotadora, ou com secção quadrada (de 50 ou 100 mm de lado) através de rebarbadora. A profundidade do entalhe é variável, mas suficiente para ultrapassar os planos de ligação dos materiais até à camada de suporte. Após secagem da superfície, deve ser regularizada com lixa grossa, e no fim retirar poeira com acetona. Colagem com cola epoxídica de uma peça metálica de ensaio (circular ou quadrada conforme o corte executado) ao provete, aplicando uma pressão moderada. Colocação do aparelho, de modo a que a garra fique fixa à peça metálica e colocar indicador da escala em zero. Aplicação de força arrancamento gradualmente, através do volante de tensão do aparelho de ensaio, ao mesmo tempo que se observa na escala (em N ou MPa) o incremento de força até à rotura do provete. Registar valor da força aquando do arrancamento do provete. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Permite observar a constituição do sistema de revestimento, o tipo de suporte e eventuais anomalias que não estavam visíveis à superfície; • Resultados de fácil interpretação e permitem explorar propriedades adicionais do revestimento; • Dependendo do modelo de equipamento utilizado, pode não ser necessária de fonte de energia <i>in-situ</i>; • Resultados são fiáveis; • Não necessita de trabalho em laboratório.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Para cada zona de ensaio, devem ser executados no mínimo três arrancamentos. • Os pontos de ensaio devem ser corretamente localizados sobre peças desenhadas. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Grau de destruição significativo e necessita de posterior reparação; • Realização descontínua do ensaio (1ª fase de preparação e colagem das pastilhas, 2ª fase de realização de ensaio e 3ª de reparação) • Duração do ensaio varia de um a dois dias, dependendo do tempo de secagem da cola utilizada nas pastilhas metálicas; • Devem estar presentes pelo menos duas pessoas na realização da técnica (tendo um dos técnicos formação específica); • Necessita de meios de acesso aos locais de ensaio como andaimes; • Está fortemente condicionada pelas condições atmosféricas em ensaio <i>in situ</i>.
3.F-2.1	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	

CUSTO: <div style="text-align: center;"> </div>	DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc SPY Building - Inspeção de Edifícios http://www.spybuilding.com/ CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (Laboratório de Ensaios de Produtos) http://www.ctcv.pt/lep.html <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																										
DIFICULDADE: <div style="text-align: center;"> </div>	NÃO DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> </div>																																											
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Carotadora (ou rebarbadora); Aparelho de medida incluindo motorreductor e dinamómetro; Pastilhas metálicas cilíndricas ou quadradas, dependendo do tipo de ensaio; Cola à base de resina epoxídica; 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <p>Ensaio em argamassas de revestimento:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FE Pa 36 (LNEC)</td> <td>Revestimentos de paredes – Ensaio de arrancamento por tracção</td> <td>2004</td> </tr> <tr> <td>EN 1015-12 (CEN)</td> <td>Methods of test for mortar for masonry. Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>NBR 13528 (ABNT)</td> <td>Revestimento de paredes e tetos de argamassas orgânicas – Determinação da resistência de aderência à tracção</td> <td>1996</td> </tr> <tr> <td>NF P15-201 (DTU 26.1)</td> <td>Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne</td> <td>1990</td> </tr> <tr> <td>MDT.D.3 (RILEM)</td> <td>Determination "in situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate</td> <td>1986</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ensaio em ladrilhos cerâmicos:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 1348 (CEN)</td> <td>Adhesives for tiles. Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives</td> <td>2007</td> </tr> <tr> <td>NBR 14084 (ABNT)</td> <td>Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação da resistência de aderência</td> <td>1998</td> </tr> <tr> <td>BS 5980 (BSI)</td> <td>Specification for adhesives for use with ceramic tiles and mosaics</td> <td>1980</td> </tr> <tr> <td>DIN 18.156-2 (DIN)</td> <td>Stoffe für keramische bekleidungen im dünnbettverfahren – hydraulisch erhartend dünnbettmörtel</td> <td>1979</td> </tr> <tr> <td>NP EN 12004 (CEN)</td> <td>Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação</td> <td>2008</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ensaio em sistemas ETICS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETAG 004 (EOTA)</td> <td>Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	FE Pa 36 (LNEC)	Revestimentos de paredes – Ensaio de arrancamento por tracção	2004	EN 1015-12 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates	2000	NBR 13528 (ABNT)	Revestimento de paredes e tetos de argamassas orgânicas – Determinação da resistência de aderência à tracção	1996	NF P15-201 (DTU 26.1)	Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne	1990	MDT.D.3 (RILEM)	Determination "in situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate	1986	Ref. #	Designação	Ano	EN 1348 (CEN)	Adhesives for tiles. Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives	2007	NBR 14084 (ABNT)	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação da resistência de aderência	1998	BS 5980 (BSI)	Specification for adhesives for use with ceramic tiles and mosaics	1980	DIN 18.156-2 (DIN)	Stoffe für keramische bekleidungen im dünnbettverfahren – hydraulisch erhartend dünnbettmörtel	1979	NP EN 12004 (CEN)	Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação	2008	Ref. #	Designação	Ano	ETAG 004 (EOTA)	Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering	2000
Ref. #	Designação		Ano																																									
FE Pa 36 (LNEC)	Revestimentos de paredes – Ensaio de arrancamento por tracção	2004																																										
EN 1015-12 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates	2000																																										
NBR 13528 (ABNT)	Revestimento de paredes e tetos de argamassas orgânicas – Determinação da resistência de aderência à tracção	1996																																										
NF P15-201 (DTU 26.1)	Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne	1990																																										
MDT.D.3 (RILEM)	Determination "in situ" of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate	1986																																										
Ref. #	Designação	Ano																																										
EN 1348 (CEN)	Adhesives for tiles. Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives	2007																																										
NBR 14084 (ABNT)	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica – determinação da resistência de aderência	1998																																										
BS 5980 (BSI)	Specification for adhesives for use with ceramic tiles and mosaics	1980																																										
DIN 18.156-2 (DIN)	Stoffe für keramische bekleidungen im dünnbettverfahren – hydraulisch erhartend dünnbettmörtel	1979																																										
NP EN 12004 (CEN)	Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação	2008																																										
Ref. #	Designação	Ano																																										
ETAG 004 (EOTA)	Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering	2000																																										
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>A leitura dos valores de tensão (f_u) ou força (F_u), dependendo dos aparelhos utilizados, pode ser analógica ou digital [3.2].</p> <p>A interpretação dos dados desta técnica de diagnóstico, baseou-se num aparelho de mostrador digital com o valor da força aplicada (F_u). Neste tipo de aparelhos podem ser utilizadas pastilhas quadradas, pois o resultado da tensão é obtido pela divisão pela área da pastilha [3.2].</p> <p>Para os aparelhos onde é lido o valor da tensão, no caso de se utilizarem pastilhas quadradas, é necessário multiplicar o valor lido pelo fator ($A_{\text{circulares}}/A_{\text{quadrada}}$), em que $A_{\text{circulares}}$ é a área de uma pastilha com 50 mm de diâmetro [3.2].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA (f_u): <p>Argamassas de reboco [3.7]:</p> <p>Valor médio do ensaio deve ser superior a 0,3 MPa, sem determinações individuais inferiores a 0,2 MPa, ou com rotura coesiva.</p> <p>Ladrilhos cerâmicos [3.8]:</p> <p>Mínimo de 0,3 MPa para o reboco de regularização do suporte (DTU 26.1, NF P15-201); Mínimo de 0,5 MPa no caso de cimento-cola normal, e de 1,0 MPa em cimento-cola de características melhoradas.</p> <p>Sistema ETICS [3.9]:</p> <p>Valor médio do ensaio deve ter no mínimo 0,08 MPa, ou então rotura no isolamento térmico.</p>																																										
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>O arrancamento pode ocorrer por [3.2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rotura adesiva (tipo A) - perda de aderência na interface entre o revestimento e o suporte; Rotura coesiva no revestimento (tipo B) - rotura do material de revestimento Rotura coesiva no suporte (tipo C) - rotura do material de suporte; Ou por combinação de duas ou três formas anteriores. <div style="text-align: center;"> </div> <p>Rotura adesiva Rotura coesiva no revestimento Rotura coesiva no suporte</p> <p>Figura 3.5 - Tipos de rotura no ensaio de arrancamento [3.5].</p> <p>A tensão que provoca rotura no plano de contacto do revestimento com o suporte (tipo A) é a tensão de aderência [3.3].</p> <p>Se a rotura for do tipo B ou C, o valor obtido equivale ao limite inferior da tensão de aderência, sendo válido para o cálculo de um valor médio da resistência ao arrancamento [3.3].</p> <p>A tensão é traduzida pela expressão [3.2]:</p> $f_u = \frac{F_u}{A} \quad (\text{MPa})$ <p>f_u - Tensão de aderência do revestimento (MPa = N/mm²); F_u - Carga de rotura (N); A - Área da pastilha (mm²).</p>																																												

ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO - “MARTINET BARONNIE” OU CHOQUE DE ESFERA		Ref. ^a 4.F-2.2
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: choque de esfera; <i>martinet baronnie</i> ; resistência; impacto; atrito; comportamento mecânico;		
DESCRIÇÃO: Este ensaio consiste em medir a resistência ao choque de esfera, em revestimentos de fachadas, que pode ser útil para [4.1]: <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o desempenho do revestimento para aplicação em determinada localização; • Avaliar o respeito de todas as exigências feitas ao produto; • Avaliar a capacidade do revestimento quanto à segurança no uso; • Avaliar a degradação provocada pelo choque, em termos físicos e visuais; • Controlar, de forma expedita, a conformidade dos trabalhos executados; 		EQUIPAMENTO:
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: O ensaio de choque de esfera consiste na aplicação de um choque de corpo duro de 3 ou 10 joules, realizado com uma esfera de aço de cerca de 50mm de diâmetro; este ensaio dá informação sobre a deformabilidade do revestimento. A resistência ao choque é avaliada a partir do diâmetro da massa e do tipo de degradação resultante (existência ou não de fendas e de perfuração) [4.2].		 <p>Figura 4.1 - Posicionamento do aparelho de Martinet Baronnies [4.6].</p>  <p>Figura 4.2 - Impacto da esfera no elemento construtivo [4.6].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir vários pontos de ensaio. 2. Posicionar o aparelho <i>Martinet Baronnies</i> já com a esfera fixada na extremidade livre do braço. A esfera pode ou não estar polvilhada com grafite para ser mais visível o local de impacto. 3. Colocar o aparelho na horizontal e aplicar firmemente a cabeça desse aparelho contra a superfície a ensaiar. O braço do aparelho deve ser mantido ao longo do corpo deste, encostando a esfera ao rolo existente no pé. 4. Deixar, por fim, tombar livremente o braço para que se dê o impacto da esfera na parede, mas de forma única, sem que ocorram outros impactos. 5. Registrar as fases e datar cada ensaio realizado. 		 <p>Figura 4.3 - Superfície afetada após realização do ensaio (sem massa) [4.6].</p>  <p>Figura 4.4 - Superfície afetada após realização do ensaio (com massa) [4.6].</p>
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Dentro do ensaio de choque de um corpo rígido, existem duas variantes que diferem na energia produzida pelo impacto da esfera na parede vertical. Pode ser aplicado o impacto de 3 ou 10 joules de energia [4.3]. • Poderiam ainda ser realizados ensaios de 3,75 joules [4.4]. 		POTENCIALIDADES [4.7]: <ul style="list-style-type: none"> • Ensaio sem grande complexidade de realização. • Possibilidade de aplicação do ensaio a revestimentos de ladrilhos cerâmicos, para verificar se estes estão descolados ou com zonas ocas na camada de assentamento, mesmo sem que apresentem empolamento. • O mesmo equipamento utilizado tanto para ensaios que dão indicações relativas sobre o estado e resistência de argamassas antigas, como ensaios mais adequados para acabamentos de reboco com argamassa por barramento ou pintura.
		LIMITAÇÕES [4.6]: <ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em garantir que a queda do aparelho se desenvolve no plano vertical, devido à sua massa significativa. • Algum esforço exigido ao operador para se manter na mesma posição durante a queda do braço do aparelho. • Ensaio qualitativo e condicionado por imperfeições ou irregularidades dos elementos.
4.F-2.2	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	

CUSTO: 		DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>		ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt 																																	
DIFICULDADE: 		NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>		NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.																																	
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Aparelho de <i>Martinet Baronnie</i>; Limalhas de grafite (facultativo); Folha de registos em papel ou suporte digital. 				DOCUMENTOS NORMATIVOS: Ensaio em sistemas ETICS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. ^a</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NBR 15575-4 (ABNT)</td> <td>Edificações habitacionais-Desempenho; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)</td> <td>2013</td> </tr> <tr> <td>TR 001 (EOTA)</td> <td>Determination of impact resistance of panels and panel assemblies.</td> <td>2003</td> </tr> <tr> <td>EN 13497 (CEN)</td> <td>Thermal insulation products for building applications - Determination of the resistance to impact of external thermal insulation composite systems (ETICS)</td> <td>2002</td> </tr> <tr> <td>ETAG 004 (EOTA)</td> <td>Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>ISO 7892</td> <td>Vertical building elements - Impact resistance tests - Impact bodies and general test procedures</td> <td>1988</td> </tr> <tr> <td>FE Pa 25 (LNEC)</td> <td>Revestimentos de Paredes, Ensaio de choque de esfera</td> <td>1980</td> </tr> </tbody> </table>		Ref. ^a	Designação	Ano	NBR 15575-4 (ABNT)	Edificações habitacionais-Desempenho; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)	2013	TR 001 (EOTA)	Determination of impact resistance of panels and panel assemblies.	2003	EN 13497 (CEN)	Thermal insulation products for building applications - Determination of the resistance to impact of external thermal insulation composite systems (ETICS)	2002	ETAG 004 (EOTA)	Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering	2000	ISO 7892	Vertical building elements - Impact resistance tests - Impact bodies and general test procedures	1988	FE Pa 25 (LNEC)	Revestimentos de Paredes, Ensaio de choque de esfera	1980											
Ref. ^a	Designação	Ano																																			
NBR 15575-4 (ABNT)	Edificações habitacionais-Desempenho; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)	2013																																			
TR 001 (EOTA)	Determination of impact resistance of panels and panel assemblies.	2003																																			
EN 13497 (CEN)	Thermal insulation products for building applications - Determination of the resistance to impact of external thermal insulation composite systems (ETICS)	2002																																			
ETAG 004 (EOTA)	Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering	2000																																			
ISO 7892	Vertical building elements - Impact resistance tests - Impact bodies and general test procedures	1988																																			
FE Pa 25 (LNEC)	Revestimentos de Paredes, Ensaio de choque de esfera	1980																																			
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Apresenta-se, na Tabela 4.2, um resumo dos critérios de avaliação/parâmetros de medição, utilizados em vários estudos, para a resistência superficial em revestimentos e fachadas.</p> <p>Tabela 4.2 - Resumo de critérios de avaliação/parâmetros de medição para a resistência superficial em revestimentos e fachadas [4.1].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Utilização</th> <th>Energia</th> <th>Parâmetros/critérios</th> <th>Referência</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fachadas de edifícios</td> <td>3.75</td> <td>N. Mínimo: não ocorrência de falhas N. Máximo: não ocorrência de falhas e profundidade da massa $\leq 2\text{mm}$</td> <td>(ABNT, 2002)</td> </tr> <tr> <td>Revestimentos monocamada / fachadas</td> <td>10</td> <td>Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque de grande corpo duro</td> <td>(CSTB, 1993); (AFNOR, 1986)</td> </tr> <tr> <td>Rebocos interiores em compartimentos</td> <td>3</td> <td>Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque (por exemplo $\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$)</td> <td>(Lucas, 1986)</td> </tr> <tr> <td>Paredes interiores</td> <td>3</td> <td>Rotura equivale a massa $> 2\text{mm}$ Defeitos na aparência: profundidade da massa $> 0.5\text{mm}$ (sem fissuras)</td> <td>(NORDTEST, 1978)</td> </tr> <tr> <td>Avaliação de superfícies verticais exteriores</td> <td>3 e 10</td> <td>Sem alterações significativas na aparência</td> <td>(Thorogood, 1978)</td> </tr> <tr> <td>Pinturas interiores</td> <td>3</td> <td>$\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$</td> <td>(Uzac et al.,)</td> </tr> <tr> <td>Painéis em paredes exteriores</td> <td>3 ou 6</td> <td>Sem penetração em degradação visível. Diâmetro da massa e profundidade da massa</td> <td>(EOTA, 2003)</td> </tr> </tbody> </table>				Utilização	Energia	Parâmetros/critérios	Referência	Fachadas de edifícios	3.75	N. Mínimo: não ocorrência de falhas N. Máximo: não ocorrência de falhas e profundidade da massa $\leq 2\text{mm}$	(ABNT, 2002)	Revestimentos monocamada / fachadas	10	Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque de grande corpo duro	(CSTB, 1993); (AFNOR, 1986)	Rebocos interiores em compartimentos	3	Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque (por exemplo $\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$)	(Lucas, 1986)	Paredes interiores	3	Rotura equivale a massa $> 2\text{mm}$ Defeitos na aparência: profundidade da massa $> 0.5\text{mm}$ (sem fissuras)	(NORDTEST, 1978)	Avaliação de superfícies verticais exteriores	3 e 10	Sem alterações significativas na aparência	(Thorogood, 1978)	Pinturas interiores	3	$\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$	(Uzac et al.,)	Painéis em paredes exteriores	3 ou 6	Sem penetração em degradação visível. Diâmetro da massa e profundidade da massa	(EOTA, 2003)	VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Não se encontraram estudos suficientes, para se construir um resumo de valores de referencia fidedignos.</p>	
Utilização	Energia	Parâmetros/critérios	Referência																																		
Fachadas de edifícios	3.75	N. Mínimo: não ocorrência de falhas N. Máximo: não ocorrência de falhas e profundidade da massa $\leq 2\text{mm}$	(ABNT, 2002)																																		
Revestimentos monocamada / fachadas	10	Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque de grande corpo duro	(CSTB, 1993); (AFNOR, 1986)																																		
Rebocos interiores em compartimentos	3	Diâmetro da massa (mm) provocada pelo choque (por exemplo $\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$)	(Lucas, 1986)																																		
Paredes interiores	3	Rotura equivale a massa $> 2\text{mm}$ Defeitos na aparência: profundidade da massa $> 0.5\text{mm}$ (sem fissuras)	(NORDTEST, 1978)																																		
Avaliação de superfícies verticais exteriores	3 e 10	Sem alterações significativas na aparência	(Thorogood, 1978)																																		
Pinturas interiores	3	$\Phi_{\text{massa}} \leq 20\text{mm}$	(Uzac et al.,)																																		
Painéis em paredes exteriores	3 ou 6	Sem penetração em degradação visível. Diâmetro da massa e profundidade da massa	(EOTA, 2003)																																		
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Os critérios de classificação do sistema ETICS, quanto à resistência ao choque, estão apresentados na Tabela 4.1, seguindo a classificação:</p> <ul style="list-style-type: none"> Categoria I - adequado a zonas acessíveis ao público e expostas a choques fortes, mas não sujeitas a uso anormalmente rude; Categoria II - adequado a zonas de acesso limitado ou a zonas públicas acima de 2 metros do solo; Categoria III - adequado a zonas pouco expostas a choques, por ex. zonas acima de 2 metros do solo de edifícios com acesso reservado. <p>Tabela 4.1 - Critérios de classificação de resistência ao choque do sistema ETICS [4.5].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Classificação</th> <th>Impacto de 3 joules</th> <th>Impacto de 10 joules</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Categoria I</td> <td>Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração.</td> <td>Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração</td> </tr> <tr> <td>Categoria II</td> <td>Fissuração do reboco, sem fendilhação.</td> <td>Sem penetração com choque.</td> </tr> <tr> <td>Categoria III</td> <td>Sem penetração com choque.</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				Classificação	Impacto de 3 joules	Impacto de 10 joules	Categoria I	Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração.	Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração	Categoria II	Fissuração do reboco, sem fendilhação.	Sem penetração com choque.	Categoria III	Sem penetração com choque.	-	OUTROS ENSAIOS COM O APARELHO MARTINET BARONNIE : <p>O ensaio de quadriculagem é semelhante ao ensaio de choque de esfera, exceto que o choque é realizado com um elemento cortante em lugar da esfera, dando assim informação sobre a coesão superficial do material e, eventualmente, sobre a aderência da camada superficial. A avaliação é feita com base na percentagem de área de argamassa destacada, em relação à área atingida pelo choque do elemento cortante [4.2].</p> <p>O ensaio de penetração controlada consiste em provocar a penetração de um prego de aço guiado por acessório fixado ao aparelho para garantir a perpendicularidade do choque. Após vários choques de energia constante é registada a penetração obtida na argamassa com cada choque efetuado. Permite avaliar a resistência de cada camada e pode ser útil para obter informação sobre a resistência mecânica das camadas internas, permitindo assim uma avaliação do seu estado. Sempre que possível, realiza-se o ensaio de penetração com recurso a três pancadas, medindo-se a penetração em cada uma delas, para avaliar o estado da argamassa em profundidade [4.7].</p> <p>Os ensaios de riscagem e abrasão, realizados também com este aparelho, são ensaios superficiais, particularmente úteis para camadas de acabamento de rebocos ou de estuques, ou para superfícies pintadas. O ensaio de riscagem é realizado com um disco metálico que raspa a superfície ao longo de 15cm, com força constante, enquanto o ensaio de abrasão, adequado para superfícies mais friáveis, usa uma lixa. A avaliação de resultados destes ensaios entra em conta com a profundidade do sulco provocado e com a massa de material extraído na riscagem e na abrasão [4.2].</p>																					
Classificação	Impacto de 3 joules	Impacto de 10 joules																																			
Categoria I	Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração.	Sem deterioração. Presença apenas de danos superficiais. Sem fissuração																																			
Categoria II	Fissuração do reboco, sem fendilhação.	Sem penetração com choque.																																			
Categoria III	Sem penetração com choque.	-																																			
ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO - "MARTINET BARONNIE" OU CHOQUE DE ESFERA					4.F-2.2																																

ENSAIO SIMPLES COM MACACO PLANO (DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO)		Ref. ^a 5.F-2.3
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: Alvenaria; comportamento mecânico; rigidez; deformabilidade; resistência; macaco plano; estado de tensão; <i>flat jack</i> .		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DESCRIÇÃO: Técnica para determinar <i>in situ</i> o estado de tensão de paredes e outros elementos estruturais de alvenaria [7.1]. Este ensaio tem todo o interesse numa fase de avaliação dos elementos construtivos.	O ENSAIO: 	
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: Genericamente, é baseado na libertação do estado de tensão de um rasgo na parede, com profundidade em função do tipo de geometria do macaco, seguida da aplicação de cargas através de macacos planos previamente inseridos nos rasgos [7.2].	Figura 7.1 - Representação esquemática das fases do ensaio de macaco plano simples [7.3]: a) Fases do procedimento do ensaio: medição dos alinhamentos, execução do rasgo, medição dos deslocamentos relativos, colocação do macaco plano e medição dos deslocamentos após incrementos de carga; b) Situação antes do corte; c) Deformação após o corte; d) Aplicação de carga no macaco plano; e) Restabelecimento da situação inicial.	
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: 1. Calibração do macaco plano pelas diretrizes indicadas pela norma; 2. Definição da localização da ranhura a efetuar na parede; 3. Marcação na parede do desenvolvimento da ranhura; 4. Definição da localização das miras acima e abaixo da ranhura, com aproximadamente 10 cm de afastamento da ranhura para cada mira; 5. Colocação dos alinhamentos verticais, com um afastamento mínimo de 5cm das extremidades; 6. Realização das medições das posições iniciais; 7. Execução da abertura da ranhura com recurso a máquina de corte com disco; 8. Colocação do macaco na ranhura da junta com um papel químico entre folhas brancas e chapas de enchimento; 9. Ligação da bomba ao macaco; 10. Purgação do macaco; 11. Ajuste do macaco ao rasgo com a aplicação de cerca de 50% da tensão estimada da parede. Despressurização até zero; 12. Aplicação de incrementos de 0,05 MPa e espera durante 1 minuto ou até estabilização do manómetro. Registo das distâncias entre miras para cada alinhamento; 13. Suspensão do ensaio quando ultrapassados os valores medidos para as posições iniciais; 14. Despressurização dos macacos.	POTENCIALIDADES [7.5]: •Útil em avaliações de alvenarias de pedra e cerâmicas, de forma a garantir segurança e utilidade de edifícios antigos mas emblemáticos; •Elevado nível de confiança nos resultados do ensaio, devido às reduzidas (ou inexistentes) perturbações na amostra de parede onde se pretende obter as características mecânicas e ainda à significativa área de alvenaria envolvida no ensaio; •Para além de ser utilizado como ensaio expedito para avaliação do estado de tensão, pode ainda ser utilizado como técnica de monitorização, deixando o macaco plano inserido no rasgo, fazendo recolha regular de dados.	
NOTAS: •Os macacos planos podem ser deixados na alvenaria durante o tempo que se desejar, funcionando como células de carga que acompanham a evolução da estrutura durante um período de observação [7.1].	LIMITAÇÕES [7.5]: •Fiabilidade dos resultados em situações de material muito fraco, heterogêneo ou solto; •Fiabilidade dos resultados para níveis de carga muito baixos, dado o nível baixo de deformação associado; •Tensões estimadas podem não ser representativas das tensões efetivamente instaladas na alvenaria, devido a uma distribuição assimétrica de tensões; •Influência nos resultados em função das zonas ensaiadas, devido à proximidade a pontos singulares (aberturas, cunhais, etc.); •Planeza do corte e necessidade, por vezes, de calçar o macaco de forma diferenciada ao longo do rasgo; •Respeito pelas normas em relação à localização e distanciamento das miras em torno do rasgo e entre si, condicionadas pela localização da pedra e da possibilidade de alinhamento vertical das miras.	
5.F-2.3	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	

CUSTO: <div>€ € € € €</div>		DESTRUTIVA <div>X</div>		ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none">SPY Building - Inspeção de Edifícios http://www.spybuilding.com/Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																																					
DIFICULDADE: <div>● ● ● ● ○</div>		NÃO DESTRUTIVA <div></div>																																																							
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none">Um ou mais macacos planos devidamente calibrados;Sistema hidráulico com bomba, manómetro e mangueiras;Equipamento de medição de deslocamentos com escala apropriada e respetivos apoios;Máquina de corte com disco ou anel diamantado;Unidade de aquisição de dados e fonte de energia.				DOCUMENTOS NORMATIVOS: Ensaio Simples de Macacos Planos para avaliação da tensão em alvenaria:																																																					
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>No início do ensaio deve registar-se o valor da pressão (P) que repõe as condições iniciais da alvenaria. O valor da tensão (σ) no ponto de ensaio é dado pela fórmula [7.5]:</p> $\sigma = K_m \times K_a \times P$ <p>em que:</p> <ul style="list-style-type: none">P é o valor da pressão que repõe as condições iniciais da alvenaria.K_m tem em conta as características geométricas do macaco e a rigidez do cordão de soldadura do macaco. Este parâmetro é determinado por meio de testes de calibração realizados pelo fabricante e relatado no certificado de calibração.K_a é dado pela razão entre a área do macaco (A_m) e a do corte (A_c). $K_a = \frac{A_m}{A_c}$ <p>Na Figura 7.2 temos um exemplo de diagrama com resultados de um ensaio de Macaco Plano Simples, onde se estão assinaladas as fases do ensaio.</p> <p>A partir dos resultados do diagrama da Figura 7.2 é determinada a tensão instalada na parede ao nível da secção que é considerada representativa das paredes de alvenaria pela média dos registos dos quatro alinhamentos, desde que estes não sejam desviantes da tendência na reposição das tensões, por razões já comentadas nas condicionantes do ensaio [7.6].</p>				<table><tr><th>Ref. ^a</th><th>Designação</th><th>Ano</th></tr><tr><td>C 1196-91 (ASTM)</td><td><i>In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Mansory Estimated Using Flatjack Measurements</i></td><td>1991</td></tr><tr><td>LUM 90/2 LUM D.2 (RILEM)</td><td><i>In Situ Stress Tests on Mansory Based on the Flatjack</i></td><td>1990</td></tr></table>		Ref. ^a	Designação	Ano	C 1196-91 (ASTM)	<i>In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Mansory Estimated Using Flatjack Measurements</i>	1991	LUM 90/2 LUM D.2 (RILEM)	<i>In Situ Stress Tests on Mansory Based on the Flatjack</i>	1990																																											
Ref. ^a	Designação	Ano																																																							
C 1196-91 (ASTM)	<i>In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Mansory Estimated Using Flatjack Measurements</i>	1991																																																							
LUM 90/2 LUM D.2 (RILEM)	<i>In Situ Stress Tests on Mansory Based on the Flatjack</i>	1990																																																							
				<p>Figura 7.2 - Diagrama com exemplo de resultados obtidos no ensaio com Macaco Plano Simples [8.6].</p> <p>a) antes do ensaio; b) deformação medida depois do corte; c) aplicação de pressão no macaco; d) restabelecimento da situação inicial.</p>																																																					
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Os valores obtidos nos vários ensaios devem ser consistentes, tanto em quantidade como em qualidade, e portanto, para esta análise pode tomar-se por base os erros admitidos no ensaio duplo de macacos planos, uma vez que o equipamento é o mesmo, apenas com um macaco plano..</p> <p>Tabela 7.1 - Erros nos dados experimentais e nos valores dos parâmetros para o ensaio duplo de macacos planos [7.5].</p> <table><tr><th>Norma</th><th>Tensão <i>in situ</i></th><th>Tensão de rotura</th><th>Módulo de elasticidade</th></tr><tr><td>ASTM C1197-91</td><td>Variância na ordem dos 24%</td><td>-</td><td>Sobrestima o valor em 15%</td></tr><tr><td>RILEM, TC 76-LUM, 1991</td><td>-</td><td>Sobrestima o valor em 15%</td><td>Sobrestima o valor em 10%</td></tr></table>				Norma	Tensão <i>in situ</i>	Tensão de rotura	Módulo de elasticidade	ASTM C1197-91	Variância na ordem dos 24%	-	Sobrestima o valor em 15%	RILEM, TC 76-LUM, 1991	-	Sobrestima o valor em 15%	Sobrestima o valor em 10%	VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Tabela 7.2 - Valores de referência obtidos em estudos anteriores [7.4].</p> <table><tr><th>Localização</th><th>Tentúgal</th><th>Bragança</th><th>Ponta Delgada</th><th>Porto</th></tr><tr><td>Autores do estudo</td><td>Filipe Pagaimo Paulo Lourenço</td><td>João Roque Paulo Lourenço</td><td>Carlos Mesquita Pedro Lança</td><td>João Guedes Luís Miranda</td></tr><tr><td>Nº de ensaios</td><td>2 Simples 8 Duplos</td><td>3 Simples 3 Duplos</td><td>3 Simples 3 Duplos</td><td>1 Simples 1 Duplo</td></tr><tr><td>Nº Pisos</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>Tipo de alvenaria de pedra</td><td>Calcário</td><td>Xisto</td><td>Basalto</td><td>Granito</td></tr><tr><td>Estado de tensão (MPa)</td><td>0,08 - 0,15</td><td>0,08 - 0,13</td><td>0,02 - 0,09</td><td>0,4 - 0,7</td></tr><tr><td>Módulo Deformabilidade (GPa)</td><td>0,5</td><td>1,0</td><td>-</td><td>1,0</td></tr><tr><td>Tensão rotura (MPa)</td><td>0,7</td><td>0,7</td><td>0,7</td><td>0,7</td></tr></table>		Localização	Tentúgal	Bragança	Ponta Delgada	Porto	Autores do estudo	Filipe Pagaimo Paulo Lourenço	João Roque Paulo Lourenço	Carlos Mesquita Pedro Lança	João Guedes Luís Miranda	Nº de ensaios	2 Simples 8 Duplos	3 Simples 3 Duplos	3 Simples 3 Duplos	1 Simples 1 Duplo	Nº Pisos	2	2	2	3	Tipo de alvenaria de pedra	Calcário	Xisto	Basalto	Granito	Estado de tensão (MPa)	0,08 - 0,15	0,08 - 0,13	0,02 - 0,09	0,4 - 0,7	Módulo Deformabilidade (GPa)	0,5	1,0	-	1,0	Tensão rotura (MPa)	0,7	0,7	0,7	0,7
Norma	Tensão <i>in situ</i>	Tensão de rotura	Módulo de elasticidade																																																						
ASTM C1197-91	Variância na ordem dos 24%	-	Sobrestima o valor em 15%																																																						
RILEM, TC 76-LUM, 1991	-	Sobrestima o valor em 15%	Sobrestima o valor em 10%																																																						
Localização	Tentúgal	Bragança	Ponta Delgada	Porto																																																					
Autores do estudo	Filipe Pagaimo Paulo Lourenço	João Roque Paulo Lourenço	Carlos Mesquita Pedro Lança	João Guedes Luís Miranda																																																					
Nº de ensaios	2 Simples 8 Duplos	3 Simples 3 Duplos	3 Simples 3 Duplos	1 Simples 1 Duplo																																																					
Nº Pisos	2	2	2	3																																																					
Tipo de alvenaria de pedra	Calcário	Xisto	Basalto	Granito																																																					
Estado de tensão (MPa)	0,08 - 0,15	0,08 - 0,13	0,02 - 0,09	0,4 - 0,7																																																					
Módulo Deformabilidade (GPa)	0,5	1,0	-	1,0																																																					
Tensão rotura (MPa)	0,7	0,7	0,7	0,7																																																					
ENSAIO SIMPLES COM MACACO PLANO (DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO)				5.F-2.3																																																					

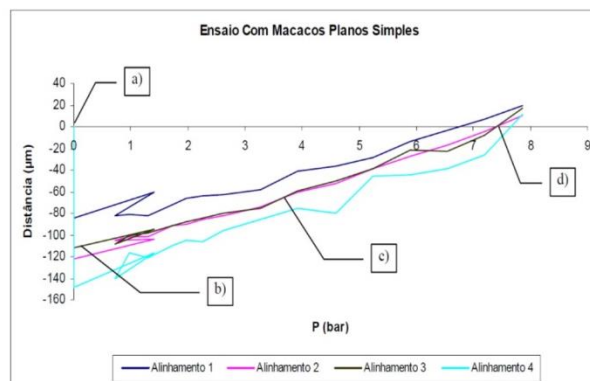
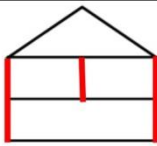
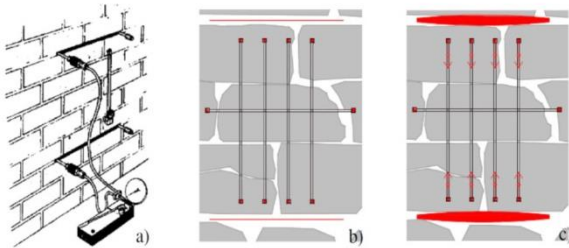
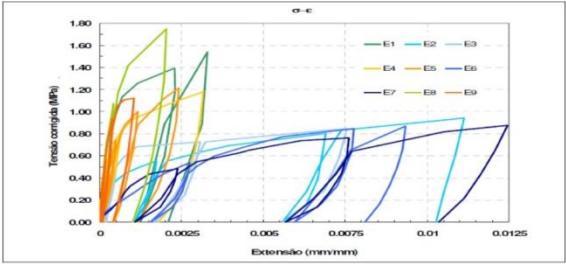


Figura 7.2 - Diagrama com exemplo de resultados obtidos no ensaio com Macaco Plano Simples [8.6].

- a) antes do ensaio;
b) deformação medida depois do corte;
c) aplicação de pressão no macaco;
d) restabelecimento da situação inicial.






ENSAIO DUPLO COM MACACOS PLANOS (DETERMINAÇÃO DA DEFORMABILIDADE)		Ref. ^a 6.F-2.4
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: Alvenaria; comportamento mecânico; rigidez; deformabilidade; resistência; macaco plano duplo; estado de tensão; <i>flat jack</i> .		
DESCRIÇÃO: Técnica para avaliar <i>in situ</i> as características de deformabilidade de paredes e outros elementos estruturais de alvenaria [5.1]. Esta técnica permite determinar as características de deformabilidade de uma amostra de razoáveis dimensões, quer na direção vertical quer na horizontal [5.1]. Este ensaio tem todo o interesse numa fase de avaliação dos elementos construtivos.		O ENSAIO:  <p>Figura 5.1 - Ensaio duplo com macacos planos [5.3].</p> <p>a) Configuração típica de um ensaio duplo de macacos planos; b) Situação inicial do ensaio; c) Incremento de pressão nos macacos planos.</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: O ensaio baseia-se na libertação do estado de tensão, através da realização de um ou dois entalhes profundos na parede, seguida de aplicação de cargas através de macacos planos de pequena área, de pequena espessura, inseridos previamente nos entalhes [5.1]. Com a utilização de dois rasgos paralelos eliminam-se as tensões existentes nessa zona da alvenaria [5.1].		
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Calibração do macaco plano segundo a norma ASTM [5.2]; 2. Definição da localização da ranhura a efetuar na parede; 3. Marcação na parede do desenvolvimento da ranhura; 4. Definição da localização das miras acima e abaixo da ranhura, com aproximadamente 10cm de afastamento da ranhura para cada mira; 5. Colocação dos alinhamentos verticais, com um afastamento mínimo de 5cm das extremidades; 6. Realização das medições das posições iniciais; 7. Execução da abertura da ranhura com recurso a máquina de corte com disco; 8. Colocação do macaco na ranhura da junta com um papel químico entre folhas brancas e chapas de enchimento; 9. Ligação da bomba ao macaco; 10. Purgação do macaco; 11. Ajuste do macaco ao rasgo com a aplicação de cerca de 50% da tensão estimada da parede. Despressurização até zero; 12. Aplicação de incrementos de 0,05MPa e espera durante 1 minuto ou até estabilização do manómetro. Registo das distâncias entre miras para cada alinhamento; 13. Suspensão do ensaio quando ultrapassados os valores medidos para as posições iniciais; 14. Despressurização dos macacos. 		POTENCIALIDADES [5.4]: <ul style="list-style-type: none"> • Útil em avaliações de alvenarias de pedra e cerâmicas, de forma a garantir segurança e utilidade de edifícios antigos mas emblemáticos; • Elevado nível de confiança nos resultados do ensaio, devido às reduzidas (ou inexistentes) perturbações na amostra de parede onde se pretende obter as características mecânicas e ainda à significativa área de alvenaria envolvida no ensaio; • Para além de ser utilizado como ensaio expedito para avaliação do estado de tensão, pode ainda ser utilizado como técnica de monitorização, deixando o macaco plano inserido no rasgo, fazendo recolha regular de dados.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Os macacos planos podem ser deixados na alvenaria durante o tempo que se desejar, funcionando como células de carga que acompanham a evolução da estrutura durante um período de observação [5.1]. 		LIMITAÇÕES [5.4]: <ul style="list-style-type: none"> • Fiabilidade dos resultados em situações de material muito fraco, heterogêneo ou solto; • Fiabilidade dos resultados para níveis de carga muito baixos, dado o nível baixo de deformação associado; • Influência nos resultados em função das zonas ensaiadas, devido à proximidade a pontos singulares (aberturas, cunhais, etc.); • Planeza do corte e necessidade, por vezes, de calçar o macaco de forma diferenciada ao longo do rasgo; • Respeito pelas normas em relação à localização e distanciamento das miras em torno do rasgo e entre si, condicionadas pela localização da pedra e da possibilidade de alinhamento vertical das miras.
6.F-2.4	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	

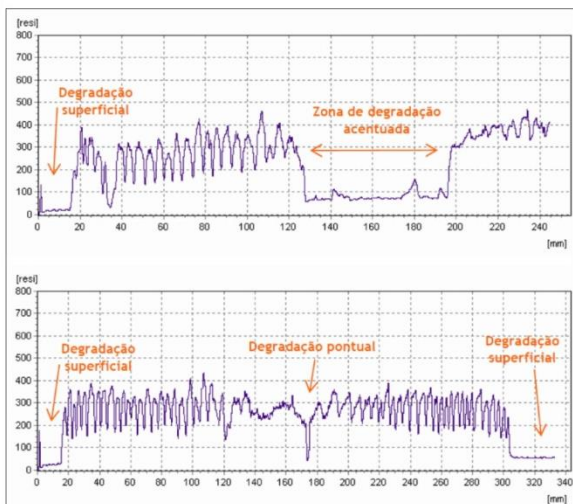
CUSTO: <div style="text-align: center;">€ € € € €</div>	DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> • SPY Building - Inspeção de Edifícios http://www.spybuilding.com • Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																																				
DIFICULDADE: <div style="text-align: center;">● ● ● ● ○</div>	NÃO DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div>																																																					
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> • Dois ou mais macacos planos devidamente calibrados; • Sistema hidráulico com bomba, manómetro e mangueiras; • Equipamento de medição de deslocamentos com escala apropriada e respetivos apoios; • Máquina de corte com disco ou anel diamantado; • Unidade de aquisição de dados e fonte de energia. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Ensaio Duplo de Macacos Planos para avaliação da tensão em alvenaria: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Ref. ^a</th> <th style="width: 70%;">Designação</th> <th style="width: 20%;">Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C 1197-91 (ASTM)</td> <td><i>In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method</i></td> <td>1991</td> </tr> <tr> <td>LUM 90/2 LUM D3 (RILEM)</td> <td><i>In Situ Strength/Elasticity Tests on Masonry Based on the Flatjack</i></td> <td>1990</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. ^a	Designação	Ano	C 1197-91 (ASTM)	<i>In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method</i>	1991	LUM 90/2 LUM D3 (RILEM)	<i>In Situ Strength/Elasticity Tests on Masonry Based on the Flatjack</i>	1990																																											
Ref. ^a	Designação		Ano																																																			
C 1197-91 (ASTM)	<i>In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method</i>	1991																																																				
LUM 90/2 LUM D3 (RILEM)	<i>In Situ Strength/Elasticity Tests on Masonry Based on the Flatjack</i>	1990																																																				
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>No início do ensaio deve registar-se o valor da pressão (P) que repõe as condições iniciais da alvenaria. O valor da tensão (σ) no ponto de ensaio é dado pela fórmula [5]:</p> $\sigma = K_m \times K_a \times P$ <p>em que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - P é o valor da pressão que repõe as condições iniciais da alvenaria. - K_m tem em conta as características geométricas do macaco e a rigidez do cordão de soldadura do macaco. Este parâmetro é determinado por meio de testes de calibração realizados pelo fabricante e relatado no certificado de calibração. - K_a é dado pela razão entre a área do macaco (A_m) e a do corte (A_c). $K_a = \frac{A_m}{A_c}$ <p>O ensaio duplo com macacos planos é realizado através de vários ciclos de carga/descarga, com o aumento/diminuição gradual dos níveis de tensão com incrementos constantes, sendo realizado em cada nível leituras das deformações da amostra [5.1].</p> <p>O valor do módulo de elasticidade (E) para cada intervalo de tensão (σ) pode ser calculado pela seguinte fórmula:</p> $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ <p>em que, ε é a extensão correspondente à deformação medida nas bases de medição.</p>		 <p>Figura 5.2 - Diagrama com exemplo de resultados obtidos através de nove ensaios de Macaco Plano Duplo [4].</p> <p>A extensão (ε) pode ser calculada através da fórmula [5.1]:</p> $\epsilon = \frac{l_i - l_f}{l_i}$ <p>em que, l_i é a distância inicial entre bases de medição e l_f é a distância final entre as bases de medição.</p>																																																				
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Os valores obtidos nos vários ensaios devem ser consistentes, tanto em quantidade como em qualidade, para se fazer uma análise destes, de forma a caracterizar mecanicamente as paredes de alvenaria de pedra irregular.</p> <p>Tabela 5.1 - Erros nos dados experimentais e nos valores dos parâmetros [5.4].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Tensão <i>in situ</i></th> <th>Tensão de rotura</th> <th>Módulo de elasticidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ASTM STANDARD C1197-91</td> <td>Variação na ordem dos 24%</td> <td>-</td> <td>Sobrestima o valor em 15%</td> </tr> <tr> <td>RILEM, TC 76-LUM, 1991</td> <td>-</td> <td>Sobrestima o valor em 15%</td> <td>Sobrestima o valor em 10%</td> </tr> </tbody> </table>			Norma	Tensão <i>in situ</i>	Tensão de rotura	Módulo de elasticidade	ASTM STANDARD C1197-91	Variação na ordem dos 24%	-	Sobrestima o valor em 15%	RILEM, TC 76-LUM, 1991	-	Sobrestima o valor em 15%	Sobrestima o valor em 10%	VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Tabela 5.1 - Valores de referência obtidos em estudos anteriores [5.3].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Localização</th> <th>Tentúgal</th> <th>Bragança</th> <th>Ponta Delgada</th> <th>Porto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Autores do estudo</td> <td>Filipe Pagaimo Paulo Lourenço</td> <td>João Roque Paulo Lourenço</td> <td>Carlos Mesquita Pedro Lança</td> <td>João Guedes Luís Miranda</td> </tr> <tr> <td>Nº de ensaios</td> <td>2 Simples 8 Duplos</td> <td>3 Simples 3 Duplos</td> <td>3 Simples 3 Duplos</td> <td>1 Simples 1 Duplo</td> </tr> <tr> <td>Nº Pisos</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Tipo de alvenaria de pedra</td> <td>Calcário</td> <td>Xisto</td> <td>Basalto</td> <td>Granito</td> </tr> <tr> <td>Estado de tensão (MPa)</td> <td>0,08 - 0,15</td> <td>0,08 - 0,13</td> <td>0,02 - 0,09</td> <td>0,4 - 0,7</td> </tr> <tr> <td>Módulo Deformabilidade (GPa)</td> <td>0,5</td> <td>1,0</td> <td>-</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Tensão rotura (MPa)</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Localização	Tentúgal	Bragança	Ponta Delgada	Porto	Autores do estudo	Filipe Pagaimo Paulo Lourenço	João Roque Paulo Lourenço	Carlos Mesquita Pedro Lança	João Guedes Luís Miranda	Nº de ensaios	2 Simples 8 Duplos	3 Simples 3 Duplos	3 Simples 3 Duplos	1 Simples 1 Duplo	Nº Pisos	2	2	2	3	Tipo de alvenaria de pedra	Calcário	Xisto	Basalto	Granito	Estado de tensão (MPa)	0,08 - 0,15	0,08 - 0,13	0,02 - 0,09	0,4 - 0,7	Módulo Deformabilidade (GPa)	0,5	1,0	-	1,0	Tensão rotura (MPa)	0,7	0,7	0,7
Norma	Tensão <i>in situ</i>	Tensão de rotura	Módulo de elasticidade																																																			
ASTM STANDARD C1197-91	Variação na ordem dos 24%	-	Sobrestima o valor em 15%																																																			
RILEM, TC 76-LUM, 1991	-	Sobrestima o valor em 15%	Sobrestima o valor em 10%																																																			
Localização	Tentúgal	Bragança	Ponta Delgada	Porto																																																		
Autores do estudo	Filipe Pagaimo Paulo Lourenço	João Roque Paulo Lourenço	Carlos Mesquita Pedro Lança	João Guedes Luís Miranda																																																		
Nº de ensaios	2 Simples 8 Duplos	3 Simples 3 Duplos	3 Simples 3 Duplos	1 Simples 1 Duplo																																																		
Nº Pisos	2	2	2	3																																																		
Tipo de alvenaria de pedra	Calcário	Xisto	Basalto	Granito																																																		
Estado de tensão (MPa)	0,08 - 0,15	0,08 - 0,13	0,02 - 0,09	0,4 - 0,7																																																		
Módulo Deformabilidade (GPa)	0,5	1,0	-	1,0																																																		
Tensão rotura (MPa)	0,7	0,7	0,7	0,7																																																		



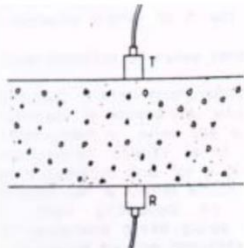
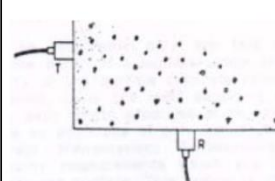
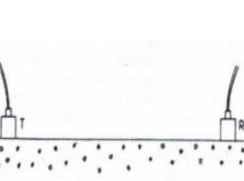
ENSAIO ESCLEROMÉTRICO - ESCLERÓMETROS “SCHMIDT” E PENDULAR		Ref. ^a 7.F-2.5
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: esclerómetro pendular; martelo Schmidt; índice esclerométrico; dureza; resistência superficial; homogeneidade; betão; argamassa; ressalto.		<div>X</div> <div>X</div>
DESCRIÇÃO: <p>O esclerómetro é um aparelho que permite avaliar <i>in situ</i>, de forma simples e não destrutiva, a dureza superficial ou comparar qualidade de materiais, preferencialmente de elementos de betão, mas também de argamassas.</p> <p>O ensaio é útil para avaliar a homogeneidade do betão, verificar se existe um determinado nível mínimo de resistência e decidir sobre a necessidade de fazer ensaios mais completos. A tensão de rotura à compressão, referente a provetes cúbicos ou cilíndricos, é estimada com base na sua correlação com o índice esclerométrico.</p> <p>Este ensaio não substitui a determinação da tensão de rotura à compressão, através de provetes cilíndricos, em laboratório [6.1].</p>		EQUIPAMENTO: <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>O martelo de Schmidt, trata-se de um martelo em aço, ligado a uma mola em tensão. Baseia-se no método do ressalto, que consiste no lançamento de uma massa contra a superfície em estudo e medição do seu ressalto. Por sua vez, esse ressalto resulta num valor numérico (índice esclerométrico), que dá origem ao grau de dureza do material [6.2].</p> <p>Além do esclerómetro de Schmidt, existem outros modelos, designadamente os esclerómetros pendulares. Estes baseiam-se no mesmo princípio de funcionamento do primeiro, mas aplicam-se a materiais de dureza inferior, como argamassas de revestimento [6.5]. Dentro deste tipo de aparelhos, existem vários modelos (PT, PM e P) e o que os distingue são os corpos de impacto associados [6.2].</p>		<div>Registo do Valor do Ressalto</div>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO (MARTELO DE SCHMIDT): <ol style="list-style-type: none">Escolher zonas a ensaiar e tratar estas de forma a esta ficarem lisas, limpas e secas, evitando zonas com carbonatação.Empurrar o aparelho firme e gradualmente contra a superfície de forma a que o êmbolo fique perpendicular a esta, até que ocorra o impacto do martelo. Após o impacto, mantém-se a pressão sobre o aparelho e prime-se o botão que está localizado lateralmente, para bloquear o êmbolo na sua posição retraída. Lê-se o valor na escala, arredondando-se para o número inteiro mais próximo e regista-se esse número.Em cada área de ensaio efetuar no mínimo 9 leituras, e calcular média aritmética, das 9 leituras devem ser excluídas aquelas que difiram em 6 unidades da média. Se existirem mais de duas leituras na situação anterior, ignoram-se as leituras e devem efetuar-se novos ensaios noutra local.Multiplicar o valor obtido pelo fator de correção do aparelho e relacionar esse valor com o ábaco de correlação, para estimar a resistência à compressão do material ensaiado.		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none">Facilidade de transporte.Simplicidade de execução.Rapidez de execução.Dados causados na superfície são praticamente nulos.Ensaio com martelo de Schmidt pode ser aplicado com uma inclinação qualquer, desde que fique perpendicular à superfície ensaiada.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none">O esclerómetro pendular, tem um procedimento semelhante, mas aplica-se revestimentos de dureza inferior, não pode ser executado no teto e tem forma de executar diferente do martelo de Schmidt.Não realizar mais do que 1 impacto no mesmo ponto, e usar uma distância mínima entre impactos de 25 mm.		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none">Pouca fiabilidade nos resultados.Resultados representativos em profundidades limitadas (3 a 5 cm).Difícil interpretação dos resultados.Necessidade de se realizarem ensaios complementares.Resultados dependentes da boa calibração do aparelho.Ao contrário do martelo de Schmidt, o esclerómetro pendular não pode ser aplicado em superfícies horizontais invertidas (tetos).
7.F-2.5	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	

CUSTO: <div>€ € € € €</div>		DESTRUTIVA <div></div>																																														
DIFICULDADE: <div>● ● ○ ○ ○</div>		NÃO DESTRUTIVA <div>X</div>																																														
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none">Esclerómetro (pendular ou martelo de Schmidt);Bigorna de calibração;Pedra abrasiva (para limpeza da superfície de ensaio)Folha de registos em papel ou suporte digital.																																																
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>A maior parte dos fabricantes fornecem ábacos que relacionam o índice esclerométrico com a resistência à compressão, para cada aparelho em particular.</p> <p>Algumas normas existentes nos outros países, relativas ao ensaio de esclerometria, variam em alguns princípios face à norma portuguesa. Apresenta-se em baixo um quadro resumo de algumas recomendações de outras normas (Tabela 6.1).</p> <p>Tabela 6.1 - Resumo de recomendações de várias normas aplicáveis [6.4].</p> <table><tr><th></th><th>NBR 7584</th><th>BS 1881-202</th><th>ASTM C805</th></tr><tr><td>Elementos estruturais</td><td>Pilares, vigas, paredes, cortinas</td><td>-</td><td>Espessura mínima de 100mm</td></tr><tr><td>Superfície</td><td></td><td></td><td>Evitar textura rugosa, falhas de betonagem. Molhar a superfície 24h antes do ensaio</td></tr><tr><td>Área de ensaio</td><td>90mmx90mm a 200mmx200 mm</td><td>Inferior a 300mmx300mm</td><td>Diâmetro > 150mm</td></tr><tr><td>Distância entre pontos</td><td>Mínima de 30mm</td><td>20mm a 50mm</td><td>Mínima de 25mm</td></tr><tr><td>Nº de medições</td><td>9 - 16</td><td>12</td><td>10</td></tr><tr><td>Ponto de medição e cantos e arestas da peça</td><td>Mínima de 50mm</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>Resultados</td><td>Ignorar resultado IE individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular nova média</td><td>Adotar a média de todas as 12 medições</td><td>Das 10 medições, ignorar as que se distanciem 7 unidades da média. Se isto ocorrer com mais de 2, ignorar o conjunto de medições</td></tr></table>					NBR 7584	BS 1881-202	ASTM C805	Elementos estruturais	Pilares, vigas, paredes, cortinas	-	Espessura mínima de 100mm	Superfície			Evitar textura rugosa, falhas de betonagem. Molhar a superfície 24h antes do ensaio	Área de ensaio	90mmx90mm a 200mmx200 mm	Inferior a 300mmx300mm	Diâmetro > 150mm	Distância entre pontos	Mínima de 30mm	20mm a 50mm	Mínima de 25mm	Nº de medições	9 - 16	12	10	Ponto de medição e cantos e arestas da peça	Mínima de 50mm	-	-	Resultados	Ignorar resultado IE individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular nova média	Adotar a média de todas as 12 medições	Das 10 medições, ignorar as que se distanciem 7 unidades da média. Se isto ocorrer com mais de 2, ignorar o conjunto de medições													
	NBR 7584	BS 1881-202	ASTM C805																																													
Elementos estruturais	Pilares, vigas, paredes, cortinas	-	Espessura mínima de 100mm																																													
Superfície			Evitar textura rugosa, falhas de betonagem. Molhar a superfície 24h antes do ensaio																																													
Área de ensaio	90mmx90mm a 200mmx200 mm	Inferior a 300mmx300mm	Diâmetro > 150mm																																													
Distância entre pontos	Mínima de 30mm	20mm a 50mm	Mínima de 25mm																																													
Nº de medições	9 - 16	12	10																																													
Ponto de medição e cantos e arestas da peça	Mínima de 50mm	-	-																																													
Resultados	Ignorar resultado IE individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular nova média	Adotar a média de todas as 12 medições	Das 10 medições, ignorar as que se distanciem 7 unidades da média. Se isto ocorrer com mais de 2, ignorar o conjunto de medições																																													
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>A interpretação dos resultados com o esclerómetro pendular nem sempre é fácil e fiável. Pois são inúmeros os fatores que influenciam o ensaio [6.5].</p> <p>É imprescindível a consciencialização de que esta avaliação é apenas qualitativa. Assim, de modo a poder-se retirar conclusões mais consistentes é necessário complementar esta técnica com outros ensaios como por exemplo o ensaio de ultrassons e a recolha de amostras para análise da resistência à compressão [6.5].</p> <p>Para correlação do índice esclerométrico com a resistência à compressão existem ábacos, fornecidos pela maioria dos fabricantes, para cada aparelho em particular, como o exemplo da Figura 6.5.</p> <div></div> <p>Figura 6.5 - Exemplo de ábaco fornecido com esclerómetro de Schmidt [6.6].</p>																																																
ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none">LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-sccSPYBUILDING - Inspeção de Edifícios, Lda. http://www.spybuilding.comOz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																																
DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table><tr><th>Ref. º</th><th>Designação</th><th>Ano</th></tr><tr><td>C805/C805M (ASTM)</td><td>Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete</td><td>2013</td></tr><tr><td>NP EN 12504-2 (IPQ)</td><td>Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico</td><td>2012</td></tr><tr><td>NBR 7584 (ABNT)</td><td>Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerómetro de reflexão — Método de ensaio</td><td>2012</td></tr><tr><td>D 5873 (ASTM)</td><td>Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method</td><td>2005</td></tr><tr><td>MS-D.2 (RILEM)</td><td>Determination of masonry rebound hardness</td><td>1998</td></tr><tr><td>MS-D.7 (RILEM)</td><td>Determination of pointing hardness by pendulum hammer</td><td>1998</td></tr><tr><td>BS 1881-202 (BSI)</td><td>Testing concrete. Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer</td><td>1986</td></tr></table>				Ref. º	Designação	Ano	C805/C805M (ASTM)	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete	2013	NP EN 12504-2 (IPQ)	Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico	2012	NBR 7584 (ABNT)	Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerómetro de reflexão — Método de ensaio	2012	D 5873 (ASTM)	Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method	2005	MS-D.2 (RILEM)	Determination of masonry rebound hardness	1998	MS-D.7 (RILEM)	Determination of pointing hardness by pendulum hammer	1998	BS 1881-202 (BSI)	Testing concrete. Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer	1986																					
Ref. º	Designação	Ano																																														
C805/C805M (ASTM)	Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete	2013																																														
NP EN 12504-2 (IPQ)	Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico	2012																																														
NBR 7584 (ABNT)	Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerómetro de reflexão — Método de ensaio	2012																																														
D 5873 (ASTM)	Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method	2005																																														
MS-D.2 (RILEM)	Determination of masonry rebound hardness	1998																																														
MS-D.7 (RILEM)	Determination of pointing hardness by pendulum hammer	1998																																														
BS 1881-202 (BSI)	Testing concrete. Recommendations for surface hardness testing by rebound hammer	1986																																														
VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Na Tabela 6.2, encontram-se valores para avaliação de argamassas de base cimentícia, com esclerómetro pendular.</p> <p>Tabela 6.2 - Qualidade de resistência à compressão, adaptado de [6.7].</p> <table><tr><th>Valor do índice esclerométrico</th><th>Qualidade relativa à resistência à compressão</th></tr><tr><td>< 15</td><td>Muito fraca</td></tr><tr><td>15 - 25</td><td>Fraca</td></tr><tr><td>25 - 35</td><td>Moderada</td></tr><tr><td>35 - 45</td><td>Normal</td></tr><tr><td>45 - 55</td><td>Dura</td></tr><tr><td>> 55</td><td>Muito dura</td></tr></table>				Valor do índice esclerométrico	Qualidade relativa à resistência à compressão	< 15	Muito fraca	15 - 25	Fraca	25 - 35	Moderada	35 - 45	Normal	45 - 55	Dura	> 55	Muito dura																															
Valor do índice esclerométrico	Qualidade relativa à resistência à compressão																																															
< 15	Muito fraca																																															
15 - 25	Fraca																																															
25 - 35	Moderada																																															
35 - 45	Normal																																															
45 - 55	Dura																																															
> 55	Muito dura																																															
<p>Na Tabela 6.3, encontram-se alguns indicadores de desempenho de argamassas com base em ensaios <i>in situ</i> com esclerómetros.</p> <p>Tabela 6.3 - Resumo de indicadores de desempenho, retirados de vários estudos [6.7].</p> <table><tr><th>Referência</th><th>Aplicabilidade</th><th>Valor do resalto</th><th>Indicador de qualidade</th></tr><tr><td rowspan="3">Gomes (1995)</td><td rowspan="3">Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (<i>in situ</i>)</td><td>IE^P < 80</td><td>Revestimentos deteriorados ou descolados</td></tr><tr><td>80 ≤ IE^P < 90</td><td>Revestimentos em estado duvidoso</td></tr><tr><td>IE^P ≥ 90</td><td>Revestimentos em bom estado</td></tr><tr><td rowspan="5">RILEM: MS-D.7 referida por Silva (2004)</td><td rowspan="5">Juntas com argamassas de base cimentícia (<i>in situ</i>)</td><td>IE^P < 15</td><td>Argamassa muito fraca</td></tr><tr><td>15 ≤ IE^P < 25</td><td>Argamassa fraca</td></tr><tr><td>25 ≤ IE^P < 35</td><td>Argamassa moderada</td></tr><tr><td>35 ≤ IE^P < 45</td><td>Argamassa normal</td></tr><tr><td>45 ≤ IE^P < 55</td><td>Argamassa dura</td></tr><tr><td rowspan="2">Flores-Colen (2009)</td><td>Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (<i>in situ</i>)</td><td>64 ≤ IE^{PT} ≤ 75 (7)</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr><tr><td>Rebocos exteriores tradicionais e pré-doseados mais compactos, de base cimentícia (<i>in situ</i>)</td><td>IE^{PT} ≥ 75 (7)</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr><tr><td rowspan="2">Galvão (2009)</td><td>Argamassas pré-doseadas cimentícias (<i>in situ</i>)</td><td>IE^{PT} ≥ 50</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr><tr><td>Argamassas tradicionais de cimento (<i>in situ</i>)</td><td>64 ≤ IE^{PT} ≤ 75</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr><tr><td rowspan="2">Gonçalves (2010)</td><td>Argamassas tradicionais (laboratório)</td><td>54 ≤ IE^{PT} ≤ 70</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr><tr><td>Argamassas pré-doseadas (laboratório)</td><td>59 ≤ IE^{PT} ≤ 66</td><td>Desempenho mecânico adequado</td></tr></table> <p>Legenda: IE^P – Índice esclerométrico obtido com o esclerómetro pendular tipo P; IE^{PT} – Índice esclerométrico obtido com o Esclerómetro pendular tipo PT; (N) – Desvios máximos tolerados</p>				Referência	Aplicabilidade	Valor do resalto	Indicador de qualidade	Gomes (1995)	Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^P < 80	Revestimentos deteriorados ou descolados	80 ≤ IE ^P < 90	Revestimentos em estado duvidoso	IE ^P ≥ 90	Revestimentos em bom estado	RILEM: MS-D.7 referida por Silva (2004)	Juntas com argamassas de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^P < 15	Argamassa muito fraca	15 ≤ IE ^P < 25	Argamassa fraca	25 ≤ IE ^P < 35	Argamassa moderada	35 ≤ IE ^P < 45	Argamassa normal	45 ≤ IE ^P < 55	Argamassa dura	Flores-Colen (2009)	Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (<i>in situ</i>)	64 ≤ IE ^{PT} ≤ 75 (7)	Desempenho mecânico adequado	Rebocos exteriores tradicionais e pré-doseados mais compactos, de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^{PT} ≥ 75 (7)	Desempenho mecânico adequado	Galvão (2009)	Argamassas pré-doseadas cimentícias (<i>in situ</i>)	IE ^{PT} ≥ 50	Desempenho mecânico adequado	Argamassas tradicionais de cimento (<i>in situ</i>)	64 ≤ IE ^{PT} ≤ 75	Desempenho mecânico adequado	Gonçalves (2010)	Argamassas tradicionais (laboratório)	54 ≤ IE ^{PT} ≤ 70	Desempenho mecânico adequado	Argamassas pré-doseadas (laboratório)	59 ≤ IE ^{PT} ≤ 66	Desempenho mecânico adequado
Referência	Aplicabilidade	Valor do resalto	Indicador de qualidade																																													
Gomes (1995)	Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^P < 80	Revestimentos deteriorados ou descolados																																													
		80 ≤ IE ^P < 90	Revestimentos em estado duvidoso																																													
		IE ^P ≥ 90	Revestimentos em bom estado																																													
RILEM: MS-D.7 referida por Silva (2004)	Juntas com argamassas de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^P < 15	Argamassa muito fraca																																													
		15 ≤ IE ^P < 25	Argamassa fraca																																													
		25 ≤ IE ^P < 35	Argamassa moderada																																													
		35 ≤ IE ^P < 45	Argamassa normal																																													
		45 ≤ IE ^P < 55	Argamassa dura																																													
Flores-Colen (2009)	Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (<i>in situ</i>)	64 ≤ IE ^{PT} ≤ 75 (7)	Desempenho mecânico adequado																																													
	Rebocos exteriores tradicionais e pré-doseados mais compactos, de base cimentícia (<i>in situ</i>)	IE ^{PT} ≥ 75 (7)	Desempenho mecânico adequado																																													
Galvão (2009)	Argamassas pré-doseadas cimentícias (<i>in situ</i>)	IE ^{PT} ≥ 50	Desempenho mecânico adequado																																													
	Argamassas tradicionais de cimento (<i>in situ</i>)	64 ≤ IE ^{PT} ≤ 75	Desempenho mecânico adequado																																													
Gonçalves (2010)	Argamassas tradicionais (laboratório)	54 ≤ IE ^{PT} ≤ 70	Desempenho mecânico adequado																																													
	Argamassas pré-doseadas (laboratório)	59 ≤ IE ^{PT} ≤ 66	Desempenho mecânico adequado																																													
ENSAIO ESCLEROMÉTRICO - ESCLERÓMETROS "SCHMIDT" E PENDULAR																																																

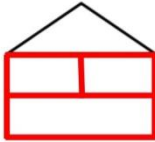


7.F-2.5



TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA - <i>RESISTOGRAPH</i>		Ref. ^a 8.F-2.6
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
<p>Palavras-chave: <i>Resistograph</i>; estruturas de madeira; elementos estruturais; perfuração; avaliação da integridade;</p>		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
<p>DESCRIÇÃO:</p> <p>A aplicação do equipamento <i>Resistograph</i>, apresenta-se como um método de inspeção não destrutivo bastante interessante para aplicação sobre estruturas em serviço, principalmente quando estas têm interesse patrimonial, pois as perfurações que realiza são quase impercetíveis e sem qualquer influência na resistência mecânica da peça, permitindo assim detetar defeitos internos, variações de densidade e secções dos elementos estruturais, quando tal não é possível medir diretamente [8.1].</p>		
<p>PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:</p> <p>O <i>Resistograph</i> é um aparelho que perfura as peças de madeira, medindo a sua resistência à perfuração, em função da energia aplicada.</p> <p>A perfuração é realizada a velocidade constante, ajustável pelo utilizador, através de uma agulha de diâmetro de 1,5mm, sendo mais larga na extremidade (3mm). Em função do modelo comercial, estas agulhas podem ter vários comprimentos, sendo que 280mm e 950mm são, respetivamente, os valores mínimos e máximos conhecidos [8.1].</p>	<p>EQUIPAMENTO:</p>   <p>Figura 8.1 - Pormenor do dispositivo de recolha de dados e ligação deste ao <i>Resistograph</i> [8.3].</p>	
<p>PROCEDIMENTO DE ENSAIO:</p> <ol style="list-style-type: none"> Escolher os pontos de aplicação do equipamento em função do estado aparente da madeira e marcar com o marcador de tinta, uma vez que após o ensaio, devido à pequena espessura da broca, não será facilmente detetável o local do furo. Escolher qual o tipo de velocidade de rotação e comprimento de broca mais adequados ao elemento de madeira em análise. De seguida encostar o equipamento perpendicularmente ao elemento de madeira em análise. Premir interruptor para início da perfuração do elemento e leitura de dados relativos a este, até que seja atravessado todo o elemento. Quando não é visível a extremidade oposta do elemento a ser ensaiado, estimar um comprimento limite para parar o equipamento. 	  <p>Figura 8.2 - Dois modelos <i>Resistograph</i> diferentes, aplicados a estruturas de madeira diferentes [8.3].</p>	
<p>NOTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Quando a aplicação perpendicular ao elemento não é possível, aplicar acessório fornecido junto com o equipamento, que permite perfurar o elemento com uma inclinação de 45 graus. No final do ensaio, os dados registados pelos sensores do equipamento são armazenados em suporte digital e impressos em papel, sob a forma de gráfico com valores de profundidade de penetração e amplitude de resistência da madeira. 	<p>POTENCIALIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Facilmente manobrável por uma só pessoa. Permite inspecionar a maior parte das estruturas de madeira correntes e ainda as estruturas antigas. Permite obter um perfil de variação radial da massa volúmica ao longo da furação, assim como perdas de densidade por deformações ou vazios. 	
	<p>LIMITAÇÕES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Não fornece informação sobre a resistência mecânica da madeira. Técnica de inspeção que implica algum tempo no tratamento estatístico dos dados. O técnico deverá ter conhecimento das propriedades da madeira, de forma a ser capaz de analisar corretamente determinados aspetos da saída de dados, como a identificação de anéis de crescimento e zonas dos lenhos inicial e final, identificação de defeitos, entre outros. 	
8.F-2.6	TÉCNICAS DE AÇÃO MECÂNICA	


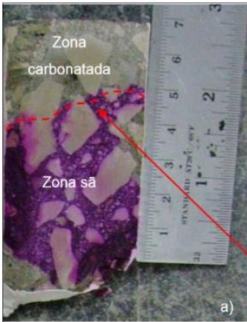
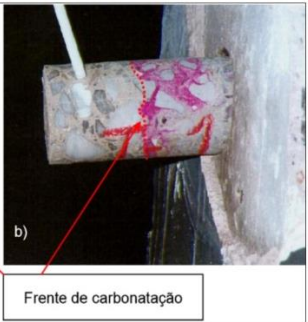
CUSTO: <div>€ € € € €</div>	DESTRUTIVA <div></div> NÃO DESTRUTIVA <div>X</div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none">Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																																	
DIFICULDADE: <div>● ● ● ○ ○</div>		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <p>Não foi encontrada normalização relativa a fissuras, ou ao ensaio analisado nesta ficha.</p>																																																	
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none">Mala de transporte do <i>Resistograph</i> (constituída pelo elemento perfurador, as agulhas de perfuração, a fonte de energia, a impressora portátil e unidade de armazenamento de dados recolhidos);Marcador de tinta para marcação dos locais de ensaio.																																																			
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Por cada ensaio realizado é obtido um gráfico que indica a potência elétrica consumida com a penetração da agulha no avanço, conforme se mostra na Figura 8.3.</p> <div></div> <p>Figura 8.3 - Exemplo de análise a dois gráficos obtidos com o <i>Resistograph</i> em vigas de um pavimento [8.3].</p>																																																			
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Existem algumas limitações nos resultados fornecidos pelo <i>Resistograph</i> para a obtenção de valores quantitativos, particularmente para características mecânicas, primeiro porque os estudos existentes dizem respeito apenas a algumas espécies de madeira, segundo porque nem todas as correlações entre resultados obtidos e as características da madeira são aceitáveis [8.3].</p> <p>Segundo um estudo [8.4], a utilização do <i>Resistograph</i> em conjunto com outros instrumentos de ensaio não destrutivo, tais como o instrumento <i>Sylvatest</i>, permite alcançar resultados bastante aceitáveis.</p> <p>Ainda no estudo referido [8.4], o autor considera mesmo que o equipamento analisado nesta ficha deve ser complementado com outras técnicas de diagnóstico, para a avaliação <i>in situ</i> da resistência à flexão (f_m), sugerindo nomeadamente o Georradar ou a deteção por raio-X, uma vez que os resultados obtidos com o <i>Resistograph</i> são pouco sensíveis à existência de alguns defeitos localizados, tais como os nós em zonas de rotura e/ou de tensões elevadas, que podem ter grande influência no valor de f_m [8.3].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Os valores de referência para este ensaio devem ser consultados, quando existem, em estudos anteriores sobre cada tipo de madeira aplicada na estrutura à qual se está a aplicar o ensaio.</p> <p>Como forma de resumo, de algumas das expressões para obter as correlações entre $VR_{médio}$ obtido do equipamento e algumas das principais propriedades mecânicas dos elementos, apresenta-se a Tabela 1, onde foi uniformizada a notação utilizada pelos vários autores, para maior facilidade de análise [8.1].</p> <p>Tabela 8.1 – Expressões de correlação entre o $VR_{médio}$ e algumas das principais propriedades mecânicas de elementos de madeira [8.1].</p> <table><tr><th>Expressão</th><th>R² (%)</th><th>Espécie</th><th>Nº Peças</th><th>Autor</th></tr><tr><td>$MOR = -41.62 + 8.86 \times VR_m$</td><td>26,56</td><td>Pinus nigra</td><td>122</td><td>Capuz (2003)</td></tr><tr><td>$VR_m = 2.07 \times p - 1005.2$</td><td>71,0</td><td>Castanea Sativa Mill (novo)</td><td>47</td><td rowspan="5">Feio et al. (2005)</td></tr><tr><td>$VR_m = 13.94 \times E_{C,D} + 216.2$</td><td>60,0</td><td>Castanea Sativa Mill (novo)</td><td>47</td></tr><tr><td>$VR_m = 2.6 \times f_{C,D} + 212.1$</td><td>59,0</td><td>Castanea Sativa Mill (novo)</td><td>47</td></tr><tr><td>$VR_m = 1.59 \times p - 666.9$</td><td>68,0</td><td rowspan="2">Castanea Sativa Mill (antigo)</td><td>47</td></tr><tr><td>$VR_m = 16.82 \times E_{C,D} + 126.0$</td><td>64,0</td><td>47</td></tr><tr><td>$VR_m = 1.81 \times f_{C,D} - 188.2$</td><td>64,0</td><td></td><td>47</td><td></td></tr><tr><td>$\rho^2 = 1242214,93 \times VR_m^{0.1} - 2020664,3$ $MOE = 28122,195 - 2206,53 \times VR_m^{0.5} + 0,101 \times p^2$</td><td>91,0 80,6</td><td>23 espécies chinesas (medições radiais)</td><td>23</td><td rowspan="3">Pin-Hui Tsai et al. (2004)</td></tr><tr><td>$MOE = -18319,605 + 11087,75 \times VR_m^{0.1} + 0,02281 \times p^2$</td><td>75,0</td><td>23 espécies chinesas (medições tangenciais)</td><td>23</td></tr><tr><td>$MOE = -11245,51 + 6962,51 \times VR_m^{0.1} + 0,01595 \times p^2$</td><td>86,6</td><td>26 espécies chinesas (radiais e tangenciais)</td><td>26</td></tr></table>		Expressão	R ² (%)	Espécie	Nº Peças	Autor	$MOR = -41.62 + 8.86 \times VR_m$	26,56	Pinus nigra	122	Capuz (2003)	$VR_m = 2.07 \times p - 1005.2$	71,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47	Feio et al. (2005)	$VR_m = 13.94 \times E_{C,D} + 216.2$	60,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47	$VR_m = 2.6 \times f_{C,D} + 212.1$	59,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47	$VR_m = 1.59 \times p - 666.9$	68,0	Castanea Sativa Mill (antigo)	47	$VR_m = 16.82 \times E_{C,D} + 126.0$	64,0	47	$VR_m = 1.81 \times f_{C,D} - 188.2$	64,0		47		$\rho^2 = 1242214,93 \times VR_m^{0.1} - 2020664,3$ $MOE = 28122,195 - 2206,53 \times VR_m^{0.5} + 0,101 \times p^2$	91,0 80,6	23 espécies chinesas (medições radiais)	23	Pin-Hui Tsai et al. (2004)	$MOE = -18319,605 + 11087,75 \times VR_m^{0.1} + 0,02281 \times p^2$	75,0	23 espécies chinesas (medições tangenciais)	23	$MOE = -11245,51 + 6962,51 \times VR_m^{0.1} + 0,01595 \times p^2$	86,6	26 espécies chinesas (radiais e tangenciais)	26
Expressão	R ² (%)	Espécie	Nº Peças	Autor																																															
$MOR = -41.62 + 8.86 \times VR_m$	26,56	Pinus nigra	122	Capuz (2003)																																															
$VR_m = 2.07 \times p - 1005.2$	71,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47	Feio et al. (2005)																																															
$VR_m = 13.94 \times E_{C,D} + 216.2$	60,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47																																																
$VR_m = 2.6 \times f_{C,D} + 212.1$	59,0	Castanea Sativa Mill (novo)	47																																																
$VR_m = 1.59 \times p - 666.9$	68,0	Castanea Sativa Mill (antigo)	47																																																
$VR_m = 16.82 \times E_{C,D} + 126.0$	64,0		47																																																
$VR_m = 1.81 \times f_{C,D} - 188.2$	64,0		47																																																
$\rho^2 = 1242214,93 \times VR_m^{0.1} - 2020664,3$ $MOE = 28122,195 - 2206,53 \times VR_m^{0.5} + 0,101 \times p^2$	91,0 80,6	23 espécies chinesas (medições radiais)	23	Pin-Hui Tsai et al. (2004)																																															
$MOE = -18319,605 + 11087,75 \times VR_m^{0.1} + 0,02281 \times p^2$	75,0	23 espécies chinesas (medições tangenciais)	23																																																
$MOE = -11245,51 + 6962,51 \times VR_m^{0.1} + 0,01595 \times p^2$	86,6	26 espécies chinesas (radiais e tangenciais)	26																																																
TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA - “RESISTOGRAPH”		8.F-2.6																																																	




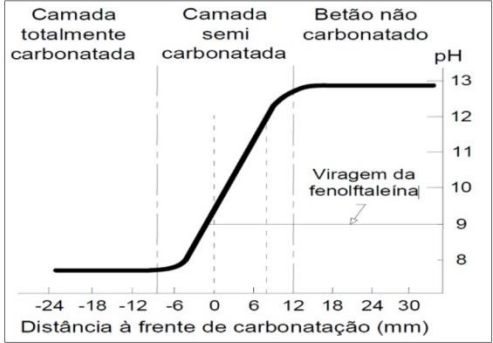
ENSAIO DE ULTRASSONS		Ref. ^a 9.F-3.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: ultrassom; betão; reboco; velocidade de propagação; ondas ultrassónicas; revestimentos; características mecânicas;		
DESCRIÇÃO: O ensaio do betão recorrendo aos ultrassons, é utilizado na caracterização de paredes através de sons de baixa frequência, com maior energia e menor atenuação que os de alta frequência. A partir de impulsos ultrassónicos, é possível avaliar a uniformidade da alvenaria, delimitando <i>in situ</i> zonas de qualidade inferior ou deterioradas e estimar as propriedades mecânicas da alvenaria [9.1]. A informação obtida através do método dos ultrassons pode ser utilizada para obter [9.2]: <ul style="list-style-type: none"> • Delaminação/heterogeneidades: deteção, caracterização. • Fendas, fissuras e juntas: deteção, medição, monitorização. • Observação de anomalias. • Propriedades mecânicas: avaliação. 		EQUIPAMENTO:     <p>Figura 9.1 - Equipamento para ensaio de ultrassom [9.5].</p> <p>Figura 9.2 - Esquema representativo do método direto [9.6].</p> <p>Figura 9.3 - Esquema representativo do método semi-direto [9.6].</p> <p>Figura 9.4 - Esquema representativo do método indireto [9.6].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: Este ensaio consiste na determinação da velocidade de propagação de um impulso ultrassónico entre dois pontos. A obtenção desse dado permite aferir a densidade do material, a existência de vazios (ou cavidades) e as suas características elásticas que, por sua vez, dependem da qualidade e da resistência do material de que é constituída a alvenaria [9.3].		POTENCIALIDADES [9.7]: <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de conhecer a uniformidade do betão e identificar defeitos e avarias. • Possibilidade de detetar modificações das propriedades do betão ao longo do tempo. • Procedimento de ensaio simples. • Aparelho de teste fornece diretamente e de forma expedita os resultados da medição. • Equipamento portátil e fácil de utilizar, tanto <i>in situ</i> como em laboratório. • Ensaio completamente não-destrutivo, pelo que é possível realizar vários teste sobre o mesmo provete, sem deterioração e num curto espaço de tempo.
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Antes de se iniciar o ensaio, deve-se calibrar o aparelho com uma barra padrão, em que o tempo de propagação é conhecido. 2. No método indireto, colocar os dois transdutores sobre o revestimento (um recetor e um transmissor, com afastamento inicial de 10 cm). 3. Alterar o afastamento entre os dois transdutores de forma crescente em múltiplos de 10 cm, ficando a zona de inspeção na linha reta entre os dois. 4. Registrar dado em cada medição efetuada. 		LIMITAÇÕES [9.7]: <ul style="list-style-type: none"> • Resultados podem ser influenciados por grande número de fatores, e por esse facto torna-se difícil definir corretamente a exatidão deste ensaio. • Necessidade de estabelecimento de correlações prévias através de ensaios em laboratório, em betões de características conhecidas, antes de se realizarem medições <i>in situ</i> em estruturas. • Pouco conclusivo em elementos muito heterogêneos. • Custo elevado em grandes áreas de revestimento.
9.F-3.1	TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELÁSTICAS	

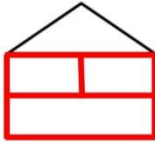
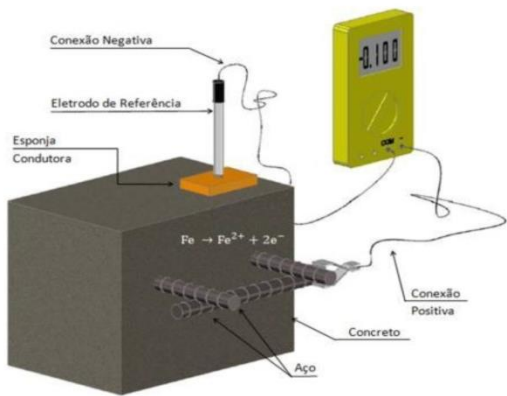

CUSTO: <div style="text-align: center;"> </div>	DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> CIVILINSP http://www.civilinsp.pt Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt SPYBUILDING - Inspeção de Edifícios, Lda. http://www.spybuilding.com <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																																														
DIFICULDADE: <div style="text-align: center;"> </div>	NÃO DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> </div>																																															
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo eletrónico central (gerador de impulsos elétricos e circuito de leitura); Dois transdutores; Barra de calibração (<i>invar</i>); Unidade de medição de tempo; Material de ligação (vaselina, por exemplo). 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. nº</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NBR 8802:2013 (ABNT)</td> <td>Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica</td> <td>2013</td> </tr> <tr> <td>C 597 (ASTM)</td> <td>Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete</td> <td>2009</td> </tr> <tr> <td>ISO 1920-7</td> <td>Testing of concrete - Part 7: Non-destructive tests on hardened concrete</td> <td>2007</td> </tr> <tr> <td>NP EN 12504-4 (CEN)</td> <td>Ensaio do betão nas estruturas. Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons</td> <td>2004</td> </tr> <tr> <td>BS 1881-203</td> <td>Testing concrete. Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete</td> <td>1986</td> </tr> <tr> <td>NDT 1 (RILEM)</td> <td>Testing of concrete by the ultrasonic pulse method</td> <td>1972</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. nº	Designação	Ano	NBR 8802:2013 (ABNT)	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica	2013	C 597 (ASTM)	Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete	2009	ISO 1920-7	Testing of concrete - Part 7: Non-destructive tests on hardened concrete	2007	NP EN 12504-4 (CEN)	Ensaio do betão nas estruturas. Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons	2004	BS 1881-203	Testing concrete. Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete	1986	NDT 1 (RILEM)	Testing of concrete by the ultrasonic pulse method	1972																									
Ref. nº	Designação		Ano																																													
NBR 8802:2013 (ABNT)	Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica	2013																																														
C 597 (ASTM)	Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete	2009																																														
ISO 1920-7	Testing of concrete - Part 7: Non-destructive tests on hardened concrete	2007																																														
NP EN 12504-4 (CEN)	Ensaio do betão nas estruturas. Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons	2004																																														
BS 1881-203	Testing concrete. Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete	1986																																														
NDT 1 (RILEM)	Testing of concrete by the ultrasonic pulse method	1972																																														
EXPRESSÃO DE RESULTADOS [9.2]: <p>Existem três métodos possíveis para a realização deste tipo de ensaios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Direto; Semi-direto; Indireto. <p>Os métodos direto e semi-direto têm como finalidade a avaliação das características de resistência mecânica e de homogeneidade e deteção de descontinuidades no betão. O método indireto aplica-se, fundamentalmente, na determinação da profundidade de fissuras.</p> <p>O método semi-direto aplica-se apenas na impossibilidade de colocação dos transdutores segundo o método direto.</p>		INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS : <p>Comparação entre normas de ensaio de ultrassom:</p> <p>Tabela 9.3 - Diferença de características de ensaio com a norma [9.4].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>ABNT NBR 8802</th> <th>RILEM NDT1</th> <th>BS 1881: Part 203</th> <th>ASTM C 597</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Frequência do ultrassom</td> <td>Mais de 20 kHz</td> <td>20 - 200 kHz</td> <td>20 - 150 kHz*</td> <td>10 - 150 kHz</td> </tr> <tr> <td>Superfície</td> <td>Seca ao ar, limpa, e plana</td> <td>Plana</td> <td>Seca ao ar, limpa, e plana.</td> <td>Seca ao ar, limpa, e plana.</td> </tr> <tr> <td>Área de ensaio para verificar uniformidade de elementos estruturais grandes</td> <td>1 m²</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Distância entre transdutores emissor e recetor</td> <td>Precisão de ± 1%</td> <td>Precisão de ± 1%</td> <td>Precisão de ± 1%</td> <td>Precisão de ± 0,5%</td> </tr> <tr> <td>Medições de velocidade</td> <td>Precisão de ± 1%</td> <td>-</td> <td>Precisão de ± 0,5 %</td> <td>Precisão de ± 0,5 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 10 kHz para comprimento muito longo e 1MHz para argamassas</p> <p>É possível determinar a velocidade aparente de propagação pela expressão [9.4]:</p> $V_{aparente} = \frac{d}{t}$ <p>Relacionando a distância (d) entre transdutores, em mm, percorrida pela onda ultrassônica, num intervalo de tempo (t) em microssegundos medido pelo equipamento. $V_{aparente}$ é apresentada em km/s.</p> <p>Os fatores que afetam o ensaio dos ultrassons estão enumerados na Tabela 9.4.</p> <p>Tabela 9.4 - Fatores que condicionam o ensaio [9.8].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fatores que condicionam o ensaio</th> <th>Descrição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Constituição do material ensaiado</td> <td>O tempo de propagação vai depender do tipo de agregados, ligantes utilizados, relação água ligante e da compacidade. A velocidade de propagação maior em argamassas com mais ligante e mais compactas. E diminui com maior quantidade de água de amassadura, pois conduz a materiais mais porosos.</td> </tr> <tr> <td>Forma do elemento</td> <td>Interfere na densidade e depende da espessura e número de camadas.</td> </tr> <tr> <td>Existência de descontinuidades</td> <td>Provoca diminuição da velocidade aparente de propagação de ultrassons. A influência deste fator dá-se para fendas acima de 0,1 mm de abertura.</td> </tr> <tr> <td>Teor de humidade à superfície</td> <td>A presença de água nos vazios provoca, no caso das argamassas, um aumento da velocidade</td> </tr> <tr> <td>Comprimento de percurso e distância entre transdutores</td> <td>A distância mínima para o betão, é de 100 mm [9]. Para as argamassas, é de 100 mm como referido em [10], ou 60 mm referido em [11].</td> </tr> <tr> <td>Rugosidade da superfície</td> <td>É necessário que exista uma camada fina e bem distribuída de massa consistente de solidarização da superfície da argamassa com a totalidade da superfície de encosto dos transdutores [9].</td> </tr> </tbody> </table>		ABNT NBR 8802	RILEM NDT1	BS 1881: Part 203	ASTM C 597	Frequência do ultrassom	Mais de 20 kHz	20 - 200 kHz	20 - 150 kHz*	10 - 150 kHz	Superfície	Seca ao ar, limpa, e plana	Plana	Seca ao ar, limpa, e plana.	Seca ao ar, limpa, e plana.	Área de ensaio para verificar uniformidade de elementos estruturais grandes	1 m ²	-	-	-	Distância entre transdutores emissor e recetor	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 0,5%	Medições de velocidade	Precisão de ± 1%	-	Precisão de ± 0,5 %	Precisão de ± 0,5 %	Fatores que condicionam o ensaio	Descrição	Constituição do material ensaiado	O tempo de propagação vai depender do tipo de agregados, ligantes utilizados, relação água ligante e da compacidade. A velocidade de propagação maior em argamassas com mais ligante e mais compactas. E diminui com maior quantidade de água de amassadura, pois conduz a materiais mais porosos.	Forma do elemento	Interfere na densidade e depende da espessura e número de camadas.	Existência de descontinuidades	Provoca diminuição da velocidade aparente de propagação de ultrassons. A influência deste fator dá-se para fendas acima de 0,1 mm de abertura.	Teor de humidade à superfície	A presença de água nos vazios provoca, no caso das argamassas, um aumento da velocidade	Comprimento de percurso e distância entre transdutores	A distância mínima para o betão, é de 100 mm [9]. Para as argamassas, é de 100 mm como referido em [10], ou 60 mm referido em [11].	Rugosidade da superfície	É necessário que exista uma camada fina e bem distribuída de massa consistente de solidarização da superfície da argamassa com a totalidade da superfície de encosto dos transdutores [9].		
	ABNT NBR 8802		RILEM NDT1	BS 1881: Part 203	ASTM C 597																																											
Frequência do ultrassom	Mais de 20 kHz	20 - 200 kHz	20 - 150 kHz*	10 - 150 kHz																																												
Superfície	Seca ao ar, limpa, e plana	Plana	Seca ao ar, limpa, e plana.	Seca ao ar, limpa, e plana.																																												
Área de ensaio para verificar uniformidade de elementos estruturais grandes	1 m ²	-	-	-																																												
Distância entre transdutores emissor e recetor	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 1%	Precisão de ± 0,5%																																												
Medições de velocidade	Precisão de ± 1%	-	Precisão de ± 0,5 %	Precisão de ± 0,5 %																																												
Fatores que condicionam o ensaio	Descrição																																															
Constituição do material ensaiado	O tempo de propagação vai depender do tipo de agregados, ligantes utilizados, relação água ligante e da compacidade. A velocidade de propagação maior em argamassas com mais ligante e mais compactas. E diminui com maior quantidade de água de amassadura, pois conduz a materiais mais porosos.																																															
Forma do elemento	Interfere na densidade e depende da espessura e número de camadas.																																															
Existência de descontinuidades	Provoca diminuição da velocidade aparente de propagação de ultrassons. A influência deste fator dá-se para fendas acima de 0,1 mm de abertura.																																															
Teor de humidade à superfície	A presença de água nos vazios provoca, no caso das argamassas, um aumento da velocidade																																															
Comprimento de percurso e distância entre transdutores	A distância mínima para o betão, é de 100 mm [9]. Para as argamassas, é de 100 mm como referido em [10], ou 60 mm referido em [11].																																															
Rugosidade da superfície	É necessário que exista uma camada fina e bem distribuída de massa consistente de solidarização da superfície da argamassa com a totalidade da superfície de encosto dos transdutores [9].																																															
VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Qualidade do betão em função da velocidade da propagação de ultrassons:</p> <p>Tabela 9.1 - Relação entre velocidade de propagação de ultrassons/ qualidade do betão[9.2].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Velocidade (m/s)</th> <th>Qualidade do betão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> 4500</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>3500 - 4500</td> <td>Bom</td> </tr> <tr> <td>3000 - 3500</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>2000 - 3000</td> <td>Mediocre</td> </tr> <tr> <td>< 2000</td> <td>Mau</td> </tr> </tbody> </table> <p>Quadro-resumo com alguns resultados de estudos anteriores com indicador de desempenho de vários revestimentos:</p> <p>Tabela 9.2 - Indicadores de desempenho determinados para diferentes tipos de materiais, obtidos em estudos anteriores [9.4].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Estudo</th> <th>Aplicabilidade</th> <th>Velocidade de propagação (km/s)</th> <th>Indicador de desempenho</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Gomes (1995)</td> <td rowspan="2">Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (in situ)</td> <td>$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$</td> <td>Revestimentos em bom estado</td> </tr> <tr> <td>$1,5 \leq V_{ap} \leq 2,0$</td> <td>Revestimentos em mau estado</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Flores-Colen (2009)</td> <td rowspan="2">Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (in-situ)</td> <td>$3,0 \leq V_{ap} \leq 3,3$</td> <td>Desempenho mecânico adequado</td> </tr> <tr> <td>$V_{ap} \geq 2,9$</td> <td>Desempenho mecânico adequado</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Galvão (2009)</td> <td rowspan="2">Argamassas tradicionais (in-situ)</td> <td>$2,5 \leq V_{ap} \leq 3,0$</td> <td>Perda de desempenho mecânico</td> </tr> <tr> <td>$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$</td> <td>Perda de desempenho mecânico</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Santos (2009)</td> <td rowspan="2">Argamassas pré-doseadas (método directo) (in-situ)</td> <td>$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,4$</td> <td>Perda de desempenho mecânico</td> </tr> <tr> <td>$2,1 \leq V_{ap} \leq 3,0$</td> <td>Perda de desempenho mecânico</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Gonçalves (2010)</td> <td rowspan="2">Argamassas tradicionais (laboratório)</td> <td>$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,6$</td> <td>Perda de desempenho mecânico</td> </tr> <tr> <td>$2,8 \leq V_{ap} \leq 2,9$</td> <td>Desempenho mecânico adequado</td> </tr> </tbody> </table>		Velocidade (m/s)	Qualidade do betão	> 4500	Excelente	3500 - 4500	Bom	3000 - 3500	Regular	2000 - 3000	Mediocre	< 2000	Mau	Estudo	Aplicabilidade	Velocidade de propagação (km/s)	Indicador de desempenho	Gomes (1995)	Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (in situ)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$	Revestimentos em bom estado	$1,5 \leq V_{ap} \leq 2,0$	Revestimentos em mau estado	Flores-Colen (2009)	Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (in-situ)	$3,0 \leq V_{ap} \leq 3,3$	Desempenho mecânico adequado	$V_{ap} \geq 2,9$	Desempenho mecânico adequado	Galvão (2009)	Argamassas tradicionais (in-situ)	$2,5 \leq V_{ap} \leq 3,0$	Perda de desempenho mecânico	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$	Perda de desempenho mecânico	Santos (2009)	Argamassas pré-doseadas (método directo) (in-situ)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,4$	Perda de desempenho mecânico	$2,1 \leq V_{ap} \leq 3,0$	Perda de desempenho mecânico	Gonçalves (2010)	Argamassas tradicionais (laboratório)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,6$	Perda de desempenho mecânico	$2,8 \leq V_{ap} \leq 2,9$	Desempenho mecânico adequado	ENSAIO DE ULTRASSONS
Velocidade (m/s)	Qualidade do betão																																															
> 4500	Excelente																																															
3500 - 4500	Bom																																															
3000 - 3500	Regular																																															
2000 - 3000	Mediocre																																															
< 2000	Mau																																															
Estudo	Aplicabilidade	Velocidade de propagação (km/s)	Indicador de desempenho																																													
Gomes (1995)	Rebocos exteriores tradicionais de base cimentícia (in situ)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$	Revestimentos em bom estado																																													
		$1,5 \leq V_{ap} \leq 2,0$	Revestimentos em mau estado																																													
Flores-Colen (2009)	Rebocos exteriores pré-doseados de base cimentícia (in-situ)	$3,0 \leq V_{ap} \leq 3,3$	Desempenho mecânico adequado																																													
		$V_{ap} \geq 2,9$	Desempenho mecânico adequado																																													
Galvão (2009)	Argamassas tradicionais (in-situ)	$2,5 \leq V_{ap} \leq 3,0$	Perda de desempenho mecânico																																													
		$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,5$	Perda de desempenho mecânico																																													
Santos (2009)	Argamassas pré-doseadas (método directo) (in-situ)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,4$	Perda de desempenho mecânico																																													
		$2,1 \leq V_{ap} \leq 3,0$	Perda de desempenho mecânico																																													
Gonçalves (2010)	Argamassas tradicionais (laboratório)	$2,0 \leq V_{ap} \leq 2,6$	Perda de desempenho mecânico																																													
		$2,8 \leq V_{ap} \leq 2,9$	Desempenho mecânico adequado																																													
9.F-3.1																																																

TÉCNICA DA RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO (TAXA DE CORROSÃO EM ARMADURAS)		Ref. ^a
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		10.F-5.1
Palavras-chave: corrosão metálica; resistência de polarização; taxa de corrosão; carbonatação; betão armado; resistividade elétrica;		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DESCRIÇÃO: <p>A técnica da resistência de polarização é utilizada para quantificação da taxa de corrosão das armaduras em elementos de betão armado.</p> <p>Aplicável em betões muito carbonatados ou com elevado teor de cloretos, permitindo acompanhar, por monitorização, a evolução do estado da estrutura e avaliar o seu desempenho futuro [10.1].</p> <p>Esta técnica é um elemento essencial para análise de estruturas de betão armado que possam estar em processo corrosivo, porque se pode avaliar o estado da armadura (passivação/desspassivação) e a velocidade de corrosão [10.2].</p>		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 10.1 - Unidade central de controlo do sistema e sensor "A" de medição da taxa de corrosão e dos potenciais de meia célula [10.1].</p>  <p>Figura 10.2 - Pormenor do sensor "B", para medição da resistividade, temperatura e humidade relativa do ambiente [10.1].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>A técnica consiste na medida dos potenciais dos eléctrodos em proveitos ou nas estruturas de betão armado e o registo desses valores. Para tal, é necessário um eléctrodo de referência em relação ao qual os potenciais são tomados. O valor desses potenciais indica o risco de corrosão [10.2].</p>		
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> Utilizando a unidade de controlo e o sensor "A" medem-se, à superfície do elemento estrutural em estudo, a taxa de corrosão, o potencial de corrosão relativamente a uma meia célula de cobre/sulfato de cobre, e a resistência elétrica do betão. Utilizando agora a unidade central e o sensor "B" determina-se a resistividade elétrica do betão, e a temperatura e humidade ambientes. As medições são efetuadas colocando os sensores em contacto com a superfície do elemento em estudo e fazendo uma ligação às armaduras. O registo de dados em obra é feito pela própria unidade de controlo, e podem ser posteriormente transferidos para um computador em gabinete para processamento de dados. 		
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> Os sensores possuem uma almofada esponjosa que é humedecida para permitir um bom contacto elétrico com a superfície. A unidade de controlo tem capacidade de memória para guardar até 100 registos. Na superfície da zona de ensaio, nomeadamente, nos pontos de medição não podem existir contactos metálicos como, por exemplo, fios de atar, pregos da cofragem, etc., pois podem influenciar as medições. Quaisquer irregularidades locais ou revestimentos isolantes devem ser evitados, ou removidos, ou, preferencialmente, seleccionar outros locais para as medições. Os ensaios serão realizados sobre as malhas de armaduras, previamente detetadas, com um pacómetro e assinalas na superfície do elemento em ensaio (por exemplo com giz). 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> •Possibilita a caracterização do comportamento da corrosão. •Possibilita o acompanhamento da evolução do processo através da velocidade de corrosão. •Informa sobre a tendência para a passivação. •Esta técnica pode ser aplicada para qualquer idade do edifício.
LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> •Apenas os varões mais próximos do emissor de sinal elétrico são polarizados. •Não permite avaliar a importância da corrosão. •É um método acelerado, não reproduzindo as mesmas condições da estrutura. •Influência de correntes não controláveis no local de ensaio. •Requer técnicos especializados na aplicação do aparelho ao elemento estrutural. 		
10.F-5.1	TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	

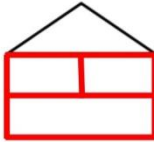



CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt ICORR - Investigação e Consultoria em Corrosão, Lda. http://www.icorr.pt/ <p><small>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</small></p>																										
DIFICULDADE: 	NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>																											
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Utensílio de marcação no elemento estrutural (giz, por exemplo); Unidade de controlo com os sensores "A" e "B", que permitam medição e registo de: taxa de corrosão, potencial de corrosão, resistividade elétrica e humidade relativa atmosférica; Água para humedecer esponja do sensores; Folha de registo para: locais de medição, área do varão, etc. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Ref. #</th> <th style="width: 70%;">Designação</th> <th style="width: 20%;">Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C 876 (ASTM)</td> <td>Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete</td> <td>2009</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	C 876 (ASTM)	Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete	2009																				
Ref. #	Designação		Ano																									
C 876 (ASTM)	Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete	2009																										
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Os resultados obtidos deverão permitir a caracterização da zona de ensaio em termos da importância da corrosão de armaduras. Para tal poderão ser seguidos os valores apresentados no tópico dos valores de referência [10.3].</p> <p>Os resultados obtidos em cada uma das zonas de ensaio deverão ser confrontados entre si e, também, se aplicável, com os resultados doutros ensaios de durabilidade, nomeadamente, a determinação da profundidade de carbonatação do betão e do teor de cloretos presentes no betão, tendo em vista avaliar a performance dos elementos de betão armado em termos de durabilidade [10.3].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>O quadro de valores de referência para a taxa de corrosão, encontra-se na Tabela 10.1.</p> <p style="text-align: center;">Tabela 1 - Taxa de corrosão/nível de corrosão [3].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Taxa de corrosão ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)</th> <th style="width: 50%;">Nível de corrosão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><0,1</td> <td>Desprezável</td> </tr> <tr> <td>0,1 - 0,5</td> <td>Baixo</td> </tr> <tr> <td>0,5 - 1</td> <td>Moderado</td> </tr> <tr> <td>> 1</td> <td>Elevado</td> </tr> </tbody> </table> <p>O quadro de valores de referência para resistividade do betão entre as regiões passiva e ativa, encontra-se na Tabela 10.2.</p> <p style="text-align: center;">Tabela 10.2 - Resistividade/nível de corrosão [10.3].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Resistividade ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)</th> <th style="width: 80%;">Nível de corrosão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> 100 - 200</td> <td>As taxas de corrosão serão muito baixas, mesmo em betão carbonatado ou contaminado com cloretos</td> </tr> <tr> <td>10 - 100</td> <td>Taxas de corrosão baixas a altas</td> </tr> <tr> <td>< 10</td> <td>A resistividade não é um parâmetro relevante para a taxa de corrosão</td> </tr> </tbody> </table> <p>O critério para avaliação do risco de corrosão ativa das armaduras em função dos resultados do potencial elétrico referido a um eletrodo de cobre/sulfato de cobre referido na Tabela 10.3.</p> <p style="text-align: center;">Tabela 01.3 - Potencial elétrico/risco de corrosão ativa [10.3].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Potencial elétrico (mV/CSE)</th> <th style="width: 50%;">Risco de corrosão ativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$E_{\text{corr}} > -200$</td> <td>< 10%</td> </tr> <tr> <td>$-350 < E_{\text{corr}} < -200$</td> <td>50 %</td> </tr> <tr> <td>$E_{\text{corr}} < -350$</td> <td>> 90%</td> </tr> </tbody> </table>	Taxa de corrosão ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Nível de corrosão	<0,1	Desprezável	0,1 - 0,5	Baixo	0,5 - 1	Moderado	> 1	Elevado	Resistividade ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)	Nível de corrosão	> 100 - 200	As taxas de corrosão serão muito baixas, mesmo em betão carbonatado ou contaminado com cloretos	10 - 100	Taxas de corrosão baixas a altas	< 10	A resistividade não é um parâmetro relevante para a taxa de corrosão	Potencial elétrico (mV/CSE)	Risco de corrosão ativa	$E_{\text{corr}} > -200$	< 10%	$-350 < E_{\text{corr}} < -200$	50 %	$E_{\text{corr}} < -350$	> 90%
Taxa de corrosão ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Nível de corrosão																											
<0,1	Desprezável																											
0,1 - 0,5	Baixo																											
0,5 - 1	Moderado																											
> 1	Elevado																											
Resistividade ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)	Nível de corrosão																											
> 100 - 200	As taxas de corrosão serão muito baixas, mesmo em betão carbonatado ou contaminado com cloretos																											
10 - 100	Taxas de corrosão baixas a altas																											
< 10	A resistividade não é um parâmetro relevante para a taxa de corrosão																											
Potencial elétrico (mV/CSE)	Risco de corrosão ativa																											
$E_{\text{corr}} > -200$	< 10%																											
$-350 < E_{\text{corr}} < -200$	50 %																											
$E_{\text{corr}} < -350$	> 90%																											
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Um dos valores fornecidos pelo equipamento é a taxa de corrosão, i_{corr} que se traduz na quantidade de corrosão verificada por unidade de superfície e referida a um intervalo de tempo específico, este valor é definido com base na fórmula [10.4]:</p> $i_{\text{corr}} = B/R_p$ <p>Sendo R_p, a resistência de polarização, sendo esta a relação entre a diferença de potencial e a corrente aplicada e, B a constante de Stern-Geary, que se determina pela equação [10.4]:</p> $B = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2,303 \cdot (\beta_a + \beta_c)}$ <p>Onde β_a e β_c são constantes de Tafel [10.5], que podem ser determinadas por métodos gráficos, matemáticos ou computacionais.</p> <p>A taxa ou velocidade de corrosão (i_{corr}), caracterizada pela densidade de corrente de corrosão, obtém-se dividindo-se o valor de i_{corr} pela área da barra polarizada (A). Este valor é o parâmetro mais importante para avaliação do estado de corrosão nas barras de aço, pois ele determina o estado em que se encontra a armadura e constitui uma ferramenta importante para a previsão de vida útil nas estruturas que possuem esse tipo de manifestação patológica [10.4].</p> $i_{\text{corr}} = \frac{I_{\text{corr}}}{A}$																												

TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO - INDICADOR DE FENOLFTALEÍNA		Ref. ^a 11.F-5.2
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: profundidade de carbonatação; corrosão de armaduras; betão armado; solução de fenolftaleína; alcalinidade do betão;		
DESCRIÇÃO: <p>A carbonatação do betão ocorre quando, o dióxido de carbono presente na atmosfera reage com os componentes alcalinos da fase líquida do betão e, dá lugar à neutralização de todo o material, baixando o pH da pasta hidratada. Este é um fator preponderante no desencadeamento da corrosão das armaduras nas estruturas de betão armado.</p> <p>Como principal agente da corrosão, a carbonatação provoca uma redução da alcalinidade, havendo assim redução generalizada do pH, o que torna as armaduras suscetíveis quando atinge valores de pH inferiores a 10,5. Por este facto, utiliza-se uma solução de fenolftaleína neste ensaio, pois adquire coloração típica para valores de pH acima de 8 [11.1].</p>	EQUIPAMENTO:  	
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>O método de ensaio para avaliação da carbonatação consiste na aplicação de um indicador químico (neste caso a solução de fenolftaleína) sobre a superfície a analisar, que permite identificar a presença de carbonato de cálcio.</p> <p>A mudança de cor da solução de fenolftaleína de incolor para rosa, que se faz notar em pouco tempo, indica a zona do revestimento com total, pouca ou nenhuma extensão de carbonatação [11.2].</p>	 	Figura 11.1 - Medição da frente de carbonatação: a) provete de laboratório; b) carote retirada de uma obra [11.4]. Figura 11.2 - Exemplificação de ensaio realizado <i>in situ</i> , sem extração de provete [11.5].
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> Escolher criteriosamente os pontos de medição, de forma a poderem-se comparar as diferentes medições. Efetuar os furos ou cavidades, com profundidade superior em pelo menos 1 cm ao recobrimento medido com o detetor de armaduras. Limpar corretamente o furo efetuado, para não comprometer a fiabilidade dos resultados. Utilizando um aspersor com a solução alcoólica de fenolftaleína, molhar as superfícies internas do furo de ensaio e observar a sua coloração. 		
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> Esta seleção tem, também, em conta o tipo de controlo que se pretende fazer e o grau de rigor pretendido. Nomeadamente, os elementos estruturais com as superfícies expostas aos agentes ambientais são objeto de um maior número de medições [11.3]. A seleção exata do ponto de medição terá em conta a posição das armaduras, que serão localizadas previamente com um detetor de armaduras, a fim de não serem danificadas [11.3]. Os pontos selecionados serão devidamente identificados e localizados numa planta da estrutura [11.3]. Um procedimento alternativo à perfuração com a broca da parede de betão, consiste em retirar um provete cilíndrico do elemento construtivo em análise, recorrendo a carotadora e, posteriormente, pulverizar com a solução de fenolftaleína [11.4]. 		
	POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> Baixo custo. Ponto de viragem de coloração da fenolftaleína coincide com os valores de pH para os quais se considera que a carbonatação ocorre. Precisão relativamente boa. Rapidez de execução. 	
	LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> Parcialmente destrutivo, havendo necessidade de reparo após o ensaio. Necessita de rapidez desde o momento de extração até se vaporizar a superfície em análise, caso contrário compromete as conclusões sobre o ensaio. Fornecer apenas resultados qualitativos. 	
11.F-5.2	TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	

CUSTO: 	DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt PDIG - Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios http://www.pdig.pt LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc SPY Building - Inspeção de Edifícios http://www.spybuilding.com <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>												
DIFICULDADE: 														
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Martelo e escopro; Berbequim com percussão; Aspersor; Régua graduada em milímetros; Solução alcoólica de fenolftaleína a 0,1%; Base de registos para profundidades de carbonatação, identificando o local de ensaio. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. ^a</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LENE E 391</td> <td>Betões. Determinação da resistência à carbonatação.</td> <td>1993</td> </tr> <tr> <td>RILEM CPC-18</td> <td>Measurement of hardened concrete carbonation depth</td> <td>1988</td> </tr> <tr> <td>ASTM C 856</td> <td>Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete</td> <td>2011</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. ^a	Designação	Ano	LENE E 391	Betões. Determinação da resistência à carbonatação.	1993	RILEM CPC-18	Measurement of hardened concrete carbonation depth	1988	ASTM C 856	Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete	2011
Ref. ^a	Designação	Ano												
LENE E 391	Betões. Determinação da resistência à carbonatação.	1993												
RILEM CPC-18	Measurement of hardened concrete carbonation depth	1988												
ASTM C 856	Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete	2011												
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Um betão perfeitamente são, tem um pH na ordem dos 13. À medida que a carbonatação vai ocorrendo, uma das consequências é a diminuição do pH. A partir de valores próximos de 9 na escala de pH considera-se que já há carbonatação do betão e é precisamente a partir desta gama de valores que a fenolftaleína passa de incolor para uma tonalidade rosa-carmim ou lilás (Figura 11.3).</p> <div data-bbox="245 1025 826 1102">  </div> <p>Figura 11.3 - Coloração do indicador de fenolftaleína [11.4].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Não existem valores de referência para este ensaio, uma vez que os resultados obtidos sob a forma de coloração.</p> <p>Como forma de orientação para o nível de pH da amostra ou carote extraído, existe uma tabela com a aproximação de valores de pH para a coloração observada na superfície de betão vaporizada com a solução de fenolftaleína (Tabela 11.1) [11.4].</p> <p>Tabela 11.1— Valor do pH do concreto e coloração, com adição a fenolftaleína [8]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor do pH</th> <th>Coloração</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Superior a 9,5</td> <td>Vermelho-carmim</td> </tr> <tr> <td>Inferior a 8,3</td> <td>Incolor</td> </tr> <tr> <td>Entre 8 e 9,5</td> <td>Variável entre rosa e vermelho carmim</td> </tr> </tbody> </table>	Valor do pH	Coloração	Superior a 9,5	Vermelho-carmim	Inferior a 8,3	Incolor	Entre 8 e 9,5	Variável entre rosa e vermelho carmim				
Valor do pH	Coloração													
Superior a 9,5	Vermelho-carmim													
Inferior a 8,3	Incolor													
Entre 8 e 9,5	Variável entre rosa e vermelho carmim													
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>A frente de carbonatação medida com fenolftaleína, pode por vezes apresentar um aspeto um pouco esbatido. Este facto pode ser explicado pela diluição da humidade na superfície, para além de que o pH entre a zona sã e a zona carbonatada varia gradualmente (Figura 11.2). Na camada semi-carbonatada é observável a presença de CaCO_3 e Ca(OH)_2 enquanto que a maiores profundidades não é detetável [11.6].</p> <p>É recomendável que a leitura da profundidade de carbonatação se faça o mais rápido possível logo após a extração do provete, já que a coloração da fenolftaleína tende a esbater-se com o tempo [11.4].</p> <div data-bbox="284 1536 778 1877">  </div> <p>Figura 11.1— Coloração do indicador de fenolftaleína [11.7].</p>														

TÉCNICA DE MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS - DETECÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS		Ref. ^a 12.F-5.3
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: potenciais elétricos; armaduras; risco de corrosão ativa; betão armado; durabilidade; patologias; reparação; proteção		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DESCRIÇÃO: <p>Este tipo de ensaios permite identificar áreas onde a corrosão está presente ou prestes a verificar-se, antes de os seus efeitos se tornarem visíveis [12.1].</p> <p>Esta técnica permite localizar as áreas onde o betão armado precisa de ser reparado ou protegido, e, através da sua aplicação repetida, acompanhar o comportamento de estruturas novas, minimizando assim os seus custos de manutenção [12.1].</p>		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 12.1 - Esquema do equipamento utilizado no ensaio [12.3].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>A importância da corrosão das armaduras pode ser avaliada através da medição dos potenciais elétricos da superfície do betão, relativamente a um eletrodo de referência [12.1].</p> <p>Aplicando uma diferença de potencial entre um eletrodo de referência e um terminal ligado à armadura na zona a medir, é possível medir o potencial elétrico (em mV) existente no sistema sendo que os valores obtidos correspondem a uma das três gamas de leituras, que podem corresponder a zona com corrosão, zona em início de corrosão e zona sem corrosão [12.2].</p>		 <p>Figura 12.2 - Medição dos potenciais elétricos em obra [12.1].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <p>Adaptado da Norma ASTM C876-80:</p> <ol style="list-style-type: none"> Escolher uma área em função do estado aparente do betão e definir as zonas de leitura da área a estudar. De seguida, proceder à limpeza, com uma escova de aço, de um varão da armadura, previamente localizada com o detetor de armaduras. Fixar o eletrodo secundário, através do alicate de aperto ao varão da armadura, e ligar este ao voltímetro, através do cabo fornecido. Colocar o eletrodo primário, sucessivamente em cada ponto de leitura, medindo-se, no voltímetro do equipamento, o potencial elétrico. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta rapidez e facilidade de execução. • Possibilita a delimitação de áreas comprometidas. • Minimiza custos de manutenção de uma estrutura, se o ensaio for realizado como forma de monitorização ao longo da vida do edifício.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar o número de leituras onde o betão aparente estar mais degradado. • Durante a realização de todas as medições, o operador deve assegurar-se que a esponja do topo do eletrodo primário se encontra devidamente humedecida. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Técnica não indica a velocidade de corrosão da armadura. • Aponta, apenas, as zonas onde existe probabilidade de corrosão. • Os resultados obtidos requerem experiência a interpretar. • Ensaio influenciado pelo teor de humidade, teor de sais, temperatura, razão Água /Cimento, ou seja grande quantidade de variáveis que interferem na técnica.
12.F-5.3	TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	

CUSTO: 	DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt PDIG - Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios http://www.pdig.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																
DIFICULDADE: 																		
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Célula de medição nas superfícies de betão (elétrodo que contém a solução saturada Ag/AgCl, com uma esponja num dos topos, e a ficha para ligação ao voltímetro no outro); Medidor com ligação que permite leituras digitais em mV e kohms. Recipientes com líquido para reabastecer a célula de medição; Cabos de ligação; Brocas diamantadas de 10 e 18 mm; Martelo e escopro; Alicate de aperto à armadura (elétrodo secundário); Bico para contacto com a armadura e chave de Allen; Extensão telescópica para fixação da célula de medição; Berbequim com percussão; Balde e esponja; Detetor de armaduras. 																		
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>É recomendável que, a partir dos dados obtidos durante o processo, seja criado um mapa de potencial de corrosão na área examinada, ou seja, criar as faixas de isopotenciais.</p> <p>As áreas de valores mais negativos de potencial de corrosão podem ser marcadas com giz ou algum tipo de pintura, para que sejam examinadas mais em detalhe quanto ao nível de corrosão a que estão sujeitas. Desta forma, o trabalho de reparação das estruturas fica melhor fundamentado [12.3].</p>																		
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Os valores da tabela apresentada no separador dos valores de referência, relativos à ASTM C 876:2009 [12.4], não devem ser tidos como absolutos, mas servindo sim como faixas de referência. Pois, quando bem utilizado e, combinando os resultados com outras técnicas como a determinação do <u>teor de cloretos</u>, da <u>resistividade elétrica</u> e da <u>profundidade de carbonatação</u> do betão, por exemplo, é perfeitamente possível estabelecer um quadro claro da situação de corrosão na estrutura em análise [12.3].</p> <p>Conclui-se então que técnica de potencial de corrosão não deve ser usada de forma isolada, mas sim associada com outras técnicas, tais como: resistividade elétrica, velocidade de corrosão, profundidade de carbonatação e teor de cloretos [12.3].</p>																		
DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ASTM C876</td> <td>Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete</td> <td>2009</td> </tr> <tr> <td>NP ENV 206</td> <td>Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade</td> <td>2007</td> </tr> <tr> <td>RILEM TC 154 - EMC</td> <td>Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion" Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method</td> <td>2004</td> </tr> <tr> <td>BS 1881-201</td> <td>Testing concrete. Guide to the use of non-destructive methods of test for hardened concrete</td> <td>1986</td> </tr> </tbody> </table>			Ref. #	Designação	Ano	ASTM C876	Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete	2009	NP ENV 206	Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade	2007	RILEM TC 154 - EMC	Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion" Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method	2004	BS 1881-201	Testing concrete. Guide to the use of non-destructive methods of test for hardened concrete	1986	
Ref. #	Designação	Ano																
ASTM C876	Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete	2009																
NP ENV 206	Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade	2007																
RILEM TC 154 - EMC	Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion" Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method	2004																
BS 1881-201	Testing concrete. Guide to the use of non-destructive methods of test for hardened concrete	1986																
VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Na Tabela 12.1, é possível avaliar a probabilidade aproximada de corrosão ativa para as armaduras segundo os níveis de potencial obtidos no ensaio.</p> <p>Tabela 12.1 – Probabilidade de corrosão ativa [12.1].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nível potencial (mV)</th> <th>Risco de corrosão ativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-260 a -410</td> <td>Até 95%</td> </tr> <tr> <td>-110 a -260</td> <td>incerto</td> </tr> <tr> <td>> -110</td> <td>Até 5%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Segundo a ASTM C 876:2009 [12.4], a relação empírica das faixas de valores de potencial de corrosão com os intervalos de probabilidade de corrosão, utilizando um elétrodo de Cobre/Sulfato de Cobre como se pode verificar na Tabela 12.2, apresenta algumas diferenças face aos valores apresentados na Tabela 12.1.</p> <p>Tabela 12.2 – Faixas de potencial de corrosão e correlação com a probabilidade de corrosão [12.4].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Faixas de potencial de corrosão (mV)</th> <th>Probabilidade de corrosão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< -350 mV</td> <td>Superior a 90%</td> </tr> <tr> <td>> -200 mV</td> <td>Inferior a 10%</td> </tr> <tr> <td>-200 a -350 mV</td> <td>incerta</td> </tr> </tbody> </table>			Nível potencial (mV)	Risco de corrosão ativa	-260 a -410	Até 95%	-110 a -260	incerto	> -110	Até 5%	Faixas de potencial de corrosão (mV)	Probabilidade de corrosão	< -350 mV	Superior a 90%	> -200 mV	Inferior a 10%	-200 a -350 mV	incerta
Nível potencial (mV)	Risco de corrosão ativa																	
-260 a -410	Até 95%																	
-110 a -260	incerto																	
> -110	Até 5%																	
Faixas de potencial de corrosão (mV)	Probabilidade de corrosão																	
< -350 mV	Superior a 90%																	
> -200 mV	Inferior a 10%																	
-200 a -350 mV	incerta																	
TÉCNICA DE MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS - DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS		12.F-5.3																

TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SAIS - “KIT” DE CAMPO E FITAS COLORIMÉTRICAS		Ref. ^a 13.F-5.4
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Palavras-chave: iões de cloro; argamassas; ligantes; teor de concentração; revestimentos; <i>kit</i> de campo; fitas colorimétricas;		
DESCRIÇÃO: As eflorescências são compostas cristalinhas que se formam à superfície ou nas camadas internas do revestimento, por ações físico-químicas possibilitadas pela presença de água. Estes compostos podem, além de afetar a aparência, originar degradação química e física dos materiais (cristalização dos sais) [13.1]. As eflorescências incluem vários tipos de compostos químicos cujo conhecimento da sua natureza pode ajudar a compreender os mecanismos de degradação [13.1]. Por exemplo determinação da concentração do ião de cloreto no betão é essencial para avaliar a necessidade de proceder à reparação em estruturas existentes, bem para como verificar se os materiais usados em construções novas possuem boas condições de durabilidade [13.2].		EQUIPAMENTO:  Figura 13.1 - Recolha de amostra para execução de ensaios recorrendo ao <i>kit</i> de campo e fitas colorimétricas [13.4].
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: As técnicas de ensaio do <i>kit</i> de campo e fitas colorimétricas, analisadas nesta ficha, são técnicas expeditas que analisam de forma quantitativa ou semi-quantitativa os sais provenientes de compostos existentes nas eflorescências que são solúveis em água [13.1]. Estas técnicas são utilizadas para detetar <i>in situ</i> os sais mais comuns, os iões cloretos, nitratos e sulfatos que aparecem em compostos muito solúveis, parcialmente solúveis ou solúveis [13.1].		 Figura 13.2 - <i>Kit</i> de campo [13.1].
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <u>Kit de campo</u> 1. Após a recolha da amostra, adiciona-se num copo 2 g da mesma e dissolve-se em 50 ml de água destilada. 2. Após a diluição, é necessário proceder à agitação da solução e, por fim, fazer uma filtragem de modo a retirar o material não solúvel. 3. Adicionar o reagente correspondente ao ião em análise e, posteriormente utilizar o espectrofotômetro que determina as concentrações por um processo colorimétrico, associado a diferentes comprimentos de onda. <u>Fitas colorimétricas</u> 1. Seguir os passos 1 e 2 do procedimento para o <i>kit</i> de campo. 2. Depois, introduzir da fita respetiva ao ião em análise na solução e, posteriormente comparar o resultado com a escala de referência.		 Figura 13.3 - Fitas colorimétricas [13.1].
NOTAS: •As fitas colorimétricas são introduzidas durante 1 segundo e a leitura deve ser efetuada após 1 minuto. •Na recolha das amostras, deve haver o cuidado de apenas se retirar a amostra da zona da eflorescência.		POTENCIALIDADES: •Rapidez de utilização e fiabilidade do fotômetro na utilização do <i>kit</i> de campo. •Fácil transporte de material necessário no ensaio. •Custo de reagentes e restantes materiais utilizados com custos módicos, relativamente a outras técnicas realizadas em laboratório. •Grau de fiabilidade aceitável.
LIMITAÇÕES: •Necessidade de extração de amostras em pó a distintas profundidades. •Necessidade de execução de reparação superficial. •O técnico que analisa as amostras deve ser experiente e possuir prática suficiente para ser crítico quanto aos resultados obtidos durante o ensaio. •Técnica que garante resultados aceitáveis para cloretos e nitratos mas com algumas deficiências ao nível dos sulfatos.		
13.F-5.4	TÉCNICAS DE REAÇÕES QUÍMICAS E ELETROQUÍMICAS	


CUSTO: 	DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt PDIG - Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios http://www.pdig.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																					
DIFICULDADE: 	NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>																						
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Mala de <i>kit</i> de campo (com reagentes necessários e espectrofotómetro); Conjunto de fitas colorimétricas; Água destilada; Funil; Filtros Espátulas; Recipientes para recolha de amostras; Frascos para colocar soluções para análise; Folha para registo de valores e zonas de ensaio; 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ASTM C1152/ C1152M</td> <td>Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete</td> <td>2012</td> </tr> <tr> <td>ÖNORM B 3355-1</td> <td>Dehumidification of masonry - Part 1: Building diagnostics and planning principles.</td> <td>2011</td> </tr> <tr> <td>AASHTO T260-92</td> <td>Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials.</td> <td>2009</td> </tr> <tr> <td>ASTM C1218/ C1218M</td> <td>Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete</td> <td>2008</td> </tr> <tr> <td>EN 1015-17 (CEN)</td> <td>Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 17: Determination of Water-Soluble Chloride Content of Fresh Mortars.</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>BS 1881-124</td> <td>Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete.</td> <td>1988</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	ASTM C1152/ C1152M	Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete	2012	ÖNORM B 3355-1	Dehumidification of masonry - Part 1: Building diagnostics and planning principles.	2011	AASHTO T260-92	Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials.	2009	ASTM C1218/ C1218M	Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete	2008	EN 1015-17 (CEN)	Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 17: Determination of Water-Soluble Chloride Content of Fresh Mortars.	2000	BS 1881-124	Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete.	1988
Ref. #	Designação		Ano																				
ASTM C1152/ C1152M	Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete	2012																					
ÖNORM B 3355-1	Dehumidification of masonry - Part 1: Building diagnostics and planning principles.	2011																					
AASHTO T260-92	Standard Method of Test for Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials.	2009																					
ASTM C1218/ C1218M	Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete	2008																					
EN 1015-17 (CEN)	Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 17: Determination of Water-Soluble Chloride Content of Fresh Mortars.	2000																					
BS 1881-124	Testing concrete. Methods for analysis of hardened concrete.	1988																					
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>O espectrofotómetro presente na mala do <i>kit</i> de campo, determina as concentrações por um processo colorimétrico, associado a diferentes comprimentos de onda. Tem leituras para as seguintes gamas: cloretos (2-100 mg/l) e sulfatos (40-500 mg/l). Se os resultados excederem esta gama de leitura, é feita uma diluição 1:10 (1 ml de solução com água destilada até 10 ml) [13.1].</p> <p>As fitas colorimétricas permitem a análise de cada ião através de uma avaliação visual por comparação entre as bandas de deteção e a escala de referência [13.1].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Segundo um estudo [13.5], embora para um reduzido número de casos, é suficiente para estabelecer alguns parâmetros de referência para o teor de sais em argamassas pré-doseadas utilizadas em rebocos exteriores, conforme se apresenta no quadro em baixo.</p> <p>Tabela 13.1 - Níveis de concentração aceitáveis para diferentes sais [13.4].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parâmetros em serviço</th> <th>Crítérios</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concentração de cloretos [Cl⁻]</td> <td>$50 \leq [\text{Cl}^-] \leq 300$</td> <td>mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Concentração de nitratos [NO₃⁻]</td> <td>$75 \leq [\text{NO}_3^-] \leq 500$</td> <td>mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Concentração de sulfatos [SO₄²⁻]</td> <td>$1000 \leq [\text{SO}_4^{2-}] \leq 5000$</td> <td>mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Concentração total de sais</td> <td>$1125 \leq \sum_{\text{sais}}^{(\text{C}+\text{N}+\text{S})} \leq 5800$</td> <td>mg/kg</td> </tr> </tbody> </table>	Parâmetros em serviço	Crítérios	Unidades	Concentração de cloretos [Cl ⁻]	$50 \leq [\text{Cl}^-] \leq 300$	mg/kg	Concentração de nitratos [NO ₃ ⁻]	$75 \leq [\text{NO}_3^-] \leq 500$	mg/kg	Concentração de sulfatos [SO ₄ ²⁻]	$1000 \leq [\text{SO}_4^{2-}] \leq 5000$	mg/kg	Concentração total de sais	$1125 \leq \sum_{\text{sais}}^{(\text{C}+\text{N}+\text{S})} \leq 5800$	mg/kg						
Parâmetros em serviço	Crítérios		Unidades																				
Concentração de cloretos [Cl ⁻]	$50 \leq [\text{Cl}^-] \leq 300$	mg/kg																					
Concentração de nitratos [NO ₃ ⁻]	$75 \leq [\text{NO}_3^-] \leq 500$	mg/kg																					
Concentração de sulfatos [SO ₄ ²⁻]	$1000 \leq [\text{SO}_4^{2-}] \leq 5000$	mg/kg																					
Concentração total de sais	$1125 \leq \sum_{\text{sais}}^{(\text{C}+\text{N}+\text{S})} \leq 5800$	mg/kg																					
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>O <i>kit</i> de campo dá um valor da concentração para vários tipos de iões. No entanto, não existe um valor de referência para a concentração máxima de cloretos, sulfatos e nitratos em argamassas (apenas para o cimento, mas expresso em percentagem do peso seco). Pelo que se considera o <i>kit</i> de campo é um método relativo (ou comparativo) [13.1].</p> <p>As fitas colorimétricas já fornecem uma gama de valores para cada ião analisado pelo que se inclui nos métodos intervalares.</p> <p>Para a interpretação dos resultados, pode ser determinado o coeficiente de variação para os resultados do <i>kit</i> de campo e comparadas as escalas obtidas para várias determinações no mesmo material analisado [13.1].</p> <p>Verifica-se ainda que na análise dos cloretos em fitas colorimétricas, a primeira banda de deteção (>0 e ≤500 mg/l) é muito abrangente, excedendo largamente o teor de sais identificado nas amostras pelo <i>kit</i>, não permitindo a comparação entre as duas técnicas [13.1].</p>		<p>A norma europeia EN 1015-17 [13.6] recomenda um limite de 0.01% de cloretos solúveis em água para argamassas de assentamento em pasta.</p> <p>A norma australiana ÖNORM B 3355-1 [13.7], indica os requisitos para as alvenarias conforme mostrado no quadro em baixo.</p> <p>Tabela 13.2 - Observações para diferentes níveis de concentração de cloretos e nitratos [13.7].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concentração de cloretos</th> <th>Concentração de nitratos</th> <th>Observações</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 500 mg/kg</td> <td>< 300 mg/kg</td> <td>Sem risco</td> </tr> <tr> <td>500 - 1500 mg/kg</td> <td>300 - 1000 mg/kg</td> <td>Necessária avaliação</td> </tr> <tr> <td>> 1500 mg/kg</td> <td>> 1000 mg/kg</td> <td>Recomenda-se remoção de sais</td> </tr> </tbody> </table>	Concentração de cloretos	Concentração de nitratos	Observações	< 500 mg/kg	< 300 mg/kg	Sem risco	500 - 1500 mg/kg	300 - 1000 mg/kg	Necessária avaliação	> 1500 mg/kg	> 1000 mg/kg	Recomenda-se remoção de sais									
Concentração de cloretos	Concentração de nitratos	Observações																					
< 500 mg/kg	< 300 mg/kg	Sem risco																					
500 - 1500 mg/kg	300 - 1000 mg/kg	Necessária avaliação																					
> 1500 mg/kg	> 1000 mg/kg	Recomenda-se remoção de sais																					

ENSAIO TERMOGRÁFICO		Ref. ^a 14.F-6.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: termografia; humidade; isolamento térmico; fluxo de calor; ponte térmica; desempenho higrotérmico; termograma		
DESCRIÇÃO: <p>Técnica para avaliação <i>in situ</i> da envolvente e deteção de pontos em que haja trocas de ar através desta.</p> <p>Permite avaliar o desempenho dos edifícios em relação a problemas com isolamento térmico, fluxos de calor devido a pontes térmicas, problemas de humidade, entre outros.</p> <p>Tem interesse numa fase de pós-ocupação, para avaliação do desempenho em serviço, e é também uma boa técnica de manutenção preventiva.</p>		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 14.1 - Câmera termográfica [14.4].</p>  <p>Figura 14.2 - Câmera termográfica [14.5].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>Este ensaio não permite uma medição direta da temperatura, serve para obter uma imagem aproximada da distribuição da temperatura superficial dos elementos em estudo, através da radiação térmica emitida e refletida por estes, na gama dos infravermelhos [14.1].</p>		 <p>Figura 14.3 - Exemplo de termograma [14.6].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apontar a câmera ao elemento em estudo. 2. Calibração da câmera para o intervalo de temperaturas mais ajustado, de forma a obter um termograma com o máximo de informação pretendida. 3. Durante o período de medição, a câmera e a zona da parede a avaliar devem estar completamente sombreadas de modo a reduzir a interação da radiação solar direta sobre a câmera e refletida pela superfície em estudo. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de monitorização simultânea e em tempo real de diversos pontos no mesmo cenário; • Não necessita estar em contacto com o elemento a analisar; • Equipamento portátil de resposta rápida; • Regulação da escala de temperaturas, para identificação de problemas em zonas concretas; • Realização de histogramas de temperatura, útil para determinar perdas de calor pela envolvente em diferentes horas do dia; • Útil para inspecionar grandes áreas, e num curto espaço de tempo, localizar heterogeneidades térmicas devidas à existência de zonas húmidas; • Deteção de patologias do envelhecimento de edifícios históricos.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Sempre que as condições atmosféricas o permitam, o registo deve ser efetuado com o céu encoberto, de modo a reduzir a interação da radiação solar refletida pelas superfícies envolventes [14.2]. • Na <u>termografia passiva</u>, o estudo ocorre sem a interferência de qualquer fonte artificial externa de aquecimento ou arrefecimento ao estado natural da superfície, que se encontra normalmente a uma temperatura superior à temperatura ambiente [14.3]. <p>Na <u>termografia ativa</u>, a superfície em estudo é aquecida ou arrefecida artificialmente de modo a produzir um contraste térmico nas zonas em equilíbrio térmico. Pode ter fonte de energia externa ou interna ao elemento [14.3].</p>		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • A temperatura absoluta medida por este aparelho depende de inúmeras variáveis, como as condições ambientais, o ângulo de incidência da câmera, a cor do revestimento, a quantidade de radiação, o tempo de incidência da radiação no revestimento, etc.; • Dificuldade de medição da emissividade dos materiais de construção, pela sua heterogeneidade; • Necessidade de conhecimentos científicos e técnicos, que nem sempre são dominados pelos operadores dos equipamentos, que pode conduzir a falsos resultados e diagnósticos. • Influência de objetos nas proximidades; • Dificuldade de aquecimento uniforme (em Termografia Ativa); • Reduzido alcance em anomalias em profundidade e com maior espessura.
14.F-6.1	TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA	

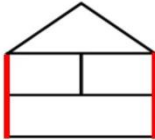



CUSTO: € € € € € DIFICULDADE: ● ● ● ○ ○	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc SPY Building - Inspeção de Edifícios http://www.spybuilding.com PPH - Peritagem de Patologias da Habitação http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																		
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Câmara termográfica; Tripé de apoio; Computador de processamento de dados. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Aplicadas à inspeção termográfica <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 13187 (CEN)</td> <td>Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method</td> <td>1998</td> </tr> <tr> <td>TC 135/SC 8 (ISO)</td> <td>Infrared thermography for non-destructive testing</td> <td>1998</td> </tr> <tr> <td>C 1060-90 (ASTM)</td> <td>Standard practice for thermographic inspection of insulation installations in envelope cavities of frame buildings</td> <td>2003</td> </tr> <tr> <td>DIN 54190-1</td> <td>Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles</td> <td>2004</td> </tr> <tr> <td>NBR 15424 (ABNT)</td> <td>Ensaios não destrutivos - Termografia - Terminologia</td> <td>2006</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	EN 13187 (CEN)	Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method	1998	TC 135/SC 8 (ISO)	Infrared thermography for non-destructive testing	1998	C 1060-90 (ASTM)	Standard practice for thermographic inspection of insulation installations in envelope cavities of frame buildings	2003	DIN 54190-1	Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles	2004	NBR 15424 (ABNT)	Ensaios não destrutivos - Termografia - Terminologia	2006
Ref. #	Designação	Ano																		
EN 13187 (CEN)	Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method	1998																		
TC 135/SC 8 (ISO)	Infrared thermography for non-destructive testing	1998																		
C 1060-90 (ASTM)	Standard practice for thermographic inspection of insulation installations in envelope cavities of frame buildings	2003																		
DIN 54190-1	Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 1: General principles	2004																		
NBR 15424 (ABNT)	Ensaios não destrutivos - Termografia - Terminologia	2006																		
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Os resultados deste ensaio são de análise um pouco complexa, devido ao facto de existirem bastantes condicionantes que devem ser tidas em conta.</p> <p>A <u>análise qualitativa</u>, é rápida e de fácil interpretação, usada quando se pretende uma análise mais superficial do problema. Observação e comparação de termogramas, sem grandes detalhes de medição, para verificação da existência de anomalias [14.1].</p> <p>Na <u>análise quantitativa</u>, são calculadas as temperaturas superficiais através da imagem térmica e de alguns parâmetros analíticos. Requer mais detalhe e condições rígidas de ensaio. Toda a informação é processada num computador e interpretada posteriormente [14.1].</p>																				
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Através dos termogramas é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detetar anomalias no revestimento (Figura 14.4); • Detetar defeitos de isolamento (Figura 14.5); • Detetar infiltrações ou fugas de água (Figura 14.6); • Detetar algumas alterações à construção inicial (Figura 14.7); • Detetar problemas ocultos em elementos construtivos (Figura 14.8); • Detetar pontes térmicas (Figura 14.9); • Detetar fugas de calor (Figura 14.10); • Fazer manutenção preventiva. <p>Esta técnica é vantajosa para cruzar resultados com outras técnicas, e assim obter informações mais conclusivas acerca do comportamento dos elementos em análise.</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.4 - Presença de bolhas de ar [14.7].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.5 - Defeitos no isolamento [14.8].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.6 - Presença água por infiltração ou fuga nas tubagens [14.7].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.7 - Descontinuidades ocultas, devido a alterações [14.9].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.8 - Colónia de insetos em elemento de madeira [14.8].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.9 - Ponte térmica [14.8].</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>Figura 14.10 - Perdas de calor na porta [14.10].</p> </div> </div>																				
VALORES DE REFERÊNCIA: Não se aplica a este ensaio.																				



ENSAIO TERMOGRÁFICO

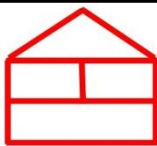

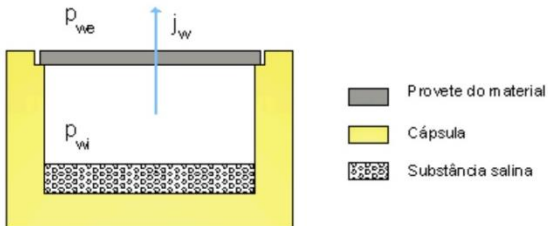
14.F-6.1

ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE		Ref. ^a 15.F-7.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: absorção de água; capilaridade; porosidade; coeficiente de absorção; durabilidade de materiais; reboco; argamassa;		
DESCRIÇÃO: A absorção capilar está diretamente relacionada com a durabilidade de materiais porosos. Através dos mecanismos de transportes de líquidos no interior do material, pode haver condução de substâncias prejudiciais como sais e outros agentes agressivos, que podem levar à corrosão das armaduras. Estas substâncias, que podem ser cloretos e causar, ocasionalmente, a despassivação do aço penetrando no betão através da rede de poros, quando exposto a ambiente agressivos [15.1].		EQUIPAMENTO:
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: A absorção de água por capilaridade é definida como a entrada de água na rede porosa da argamassa por forças capilares, resultantes da diferença de pressão entre a superfície livre da água no exterior do betão e a sua superfície nos poros capilares, dependendo do diâmetro capilar. Pelo que, quanto menor for a absorção do material, mais protegida se encontra a estrutura [15.2].		 <p>Figura 15.1 - Regularização de um provete [15.5].</p>  <p>Figura 15.2 - Colocação dos provetes na estufa [15.5].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Encher um tabuleiro com água até que o nível atinja 5 ± 1 mm acima da face inferior do provete, cobrir o tabuleiro e o provete com uma campânula e manter o nível de água constante ao longo do ensaio. 2. Posicionar o provete de modo a que seja a face menor que fica em contacto com a água. 3. Fazer medições ao fim de T_i igual a 3, 6, 24 e 72 horas a contar desde o momento da colocação do provete em contacto com a água. Para efetuar as medições, retirar o provete do tabuleiro, permitindo que a água escorra do provete e colocá-lo sobre uma base não absorvente durante 60 ± 5 segundos. 4. Efetuar as pesagens atendendo a que M_i é a massa do provete no tempo T_i. 5. Determinar no mesmo tempo T_i a altura de água absorvida por capilaridade acima da face inferior do provete, para provetes prismáticos a medição é feita ao longo do eixo vertical de simetria das quatro faces laterais e para os cilindros ao longo de quatro geratrizes igualmente espaçadas. 		 <p>Figura 15.3 - Pesagem dos provetes retirados da estufa [15.5].</p>  <p>Figura 15.4 - Água a ser colocada dentro do recipiente metálico [15.5].</p>
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> •Provetes moldados segundo a especificação NP-EN 12390-1 [15.4] ou obtidos por corte de um elemento de argamassa endurecido. •A idade mínima de cura deverá ser de 28 dias uma vez que a idade e o modo de conservação podem afetar os resultados dos ensaios. •A secagem dos provetes deverá ser feita em estufa a uma temperatura de $40 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 14 dias. •Os provetes a utilizar neste ensaio tem que ter um volume mínimo de $0,001\text{m}^3$, secção quadrada ou circular e a sua altura deverá ser de pelo menos o dobro da aresta ou do diâmetro que deve ser de preferência de 150 mm. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> •Caracterização mais exaustiva para conhecer o comportamento do material quando aplicado em obra. •Possibilidade de melhorar comportamento do material antes de aplicar em obra.
LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> •Ensaio algo demorado. •Necessidade de se produzirem provetes em laboratório. •Aplicável em elementos por construir, porque de outra forma o provete ensaiado tem características diferentes das aplicadas em obra. 		
15.F-7.1	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MATERIAIS E ESTRUTURAS	

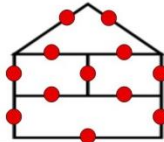
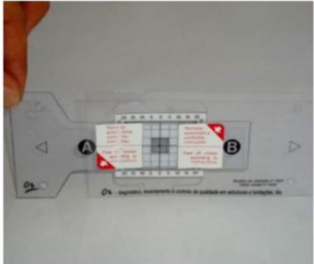

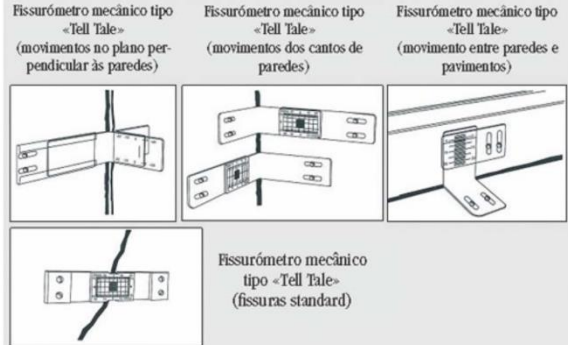
CUSTO: <div style="text-align: center;">€ € € € €</div>	DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc Laboratório de Ensaios APEB http://www.apeb.pt/ 																											
DIFICULDADE: <div style="text-align: center;">● ● ● ○ ○</div>	NÃO DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div>	NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.																											
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Provetes de ensaio; Estufa de secagem; Balança com uma precisão de 0,01 g; Tina metálica para colocação de provetes; Água corrente para manter o nível no recipiente. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Ref. #</th> <th style="width: 70%;">Designação</th> <th style="width: 20%;">Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NBR 9779 (ABNT)</td> <td>Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade.</td> <td>2012</td> </tr> <tr> <td>NBR 15259 (ABNT)</td> <td>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.</td> <td>2005</td> </tr> <tr> <td>EN 998-1</td> <td>Especificações para argamassas de alvenaria — Parte 1: Argamassas de reboco interior e exterior</td> <td>2003</td> </tr> <tr> <td>EN 1015-18 (CEN)</td> <td>Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 18: Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade em argamassas de reboco endurecidas.</td> <td>2002</td> </tr> <tr> <td>EN ISO 15148 (CEN)</td> <td>Hygrothermal Performance Of Building Materials And Products - Determination Of Water Absorption Coefficient By Partial Immersion.</td> <td>2002</td> </tr> <tr> <td>TC 116-PCD (RILEM)</td> <td>Permeability of concrete as a criterion of its durability Final report: Concrete durability - An approach towards performance testing.</td> <td>1999</td> </tr> <tr> <td>E 393 (LNEC)</td> <td>Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade.</td> <td>1993</td> </tr> <tr> <td>DIN 52617</td> <td>Determination Of The Water Absorption Coefficient Of Construction Materials</td> <td>1987</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	NBR 9779 (ABNT)	Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade.	2012	NBR 15259 (ABNT)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.	2005	EN 998-1	Especificações para argamassas de alvenaria — Parte 1: Argamassas de reboco interior e exterior	2003	EN 1015-18 (CEN)	Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 18: Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade em argamassas de reboco endurecidas.	2002	EN ISO 15148 (CEN)	Hygrothermal Performance Of Building Materials And Products - Determination Of Water Absorption Coefficient By Partial Immersion.	2002	TC 116-PCD (RILEM)	Permeability of concrete as a criterion of its durability Final report: Concrete durability - An approach towards performance testing.	1999	E 393 (LNEC)	Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade.	1993	DIN 52617	Determination Of The Water Absorption Coefficient Of Construction Materials	1987
Ref. #	Designação	Ano																											
NBR 9779 (ABNT)	Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade.	2012																											
NBR 15259 (ABNT)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.	2005																											
EN 998-1	Especificações para argamassas de alvenaria — Parte 1: Argamassas de reboco interior e exterior	2003																											
EN 1015-18 (CEN)	Métodos de ensaio para argamassas para alvenaria - Parte 18: Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade em argamassas de reboco endurecidas.	2002																											
EN ISO 15148 (CEN)	Hygrothermal Performance Of Building Materials And Products - Determination Of Water Absorption Coefficient By Partial Immersion.	2002																											
TC 116-PCD (RILEM)	Permeability of concrete as a criterion of its durability Final report: Concrete durability - An approach towards performance testing.	1999																											
E 393 (LNEC)	Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade.	1993																											
DIN 52617	Determination Of The Water Absorption Coefficient Of Construction Materials	1987																											
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Após o ensaio o provete é pesado e subtrai-se o valor do peso inicial deste. [15.6]</p> <p>A quantidade de água absorvida por capilaridade (Δm_t) é calculada dividindo o aumento de peso ($M_t - M_0$) pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água, é expressa em kg/m² [15.6].</p> <p>A evolução da quantidade de água absorvida pelos provetes, por unidade de superfície, em função da raiz quadrada do tempo (s), deve ser apresentada em forma de gráfico com o devido ajuste de curva, apresenta-se um exemplo na Figura 1 [15.6].</p>		INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Utiliza-se a seguinte equação para definir o coeficiente de absorção por capilaridade:</p> $A_w = \frac{\Delta m_{tf}}{\sqrt{t_f}}$ <p>Onde,</p> <p>A_w – coeficiente de absorção, em kg/(m² x s^{0.5}).</p> <p>Δm_{tf} – é o valor obtido de Δm_t, no tempo final do ensaio, geralmente 24h.</p> <p>$\sqrt{t_f}$ – corresponde à raiz do tempo total do ensaio, em segundos, geralmente 24h.</p> <p>O valor de coeficiente de absorção por capilaridade (A_w) obtido classifica o material, este valor pode ser comparado com os valores de referência na Tabela 1 [15.6].</p>																											
<p style="text-align: center;">B1</p> <p style="text-align: center;">Figura 15.1 - Exemplo de curva de absorção de água num provete [15.4].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Para o caso de <u>rebocos térmicos</u>, segundo a norma EN998-1:2003 [15.7], estes terão que possuir um valor de coeficiente de absorção inferior ou igual a $5 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$ [15.6].</p> <p>Segundo a norma DIN 52617 [15.8], a classificação de materiais quanto à absorção de água é dada através da Tabela 1 [15.6].</p>																											
		<p>Tabela 15.1 - Classificação de materiais quanto à absorção de água segundo a norma DIN 52617 [15.8].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Coeficiente de absorção de água</th> <th style="width: 50%;">Classificação dos materiais</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$</td> <td>Sucção rápida</td> </tr> <tr> <td>$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$</td> <td>Preventivo contra a água</td> </tr> <tr> <td>$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$</td> <td>Quase impermeável</td> </tr> <tr> <td>$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$</td> <td>Impermeável</td> </tr> </tbody> </table>	Coeficiente de absorção de água	Classificação dos materiais	$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Sucção rápida	$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Preventivo contra a água	$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Quase impermeável	$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Impermeável																	
Coeficiente de absorção de água	Classificação dos materiais																												
$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Sucção rápida																												
$A_w < 3,33 \times 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Preventivo contra a água																												
$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Quase impermeável																												
$A_w < 1,67 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$	Impermeável																												
ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE		15.F-7.1																											


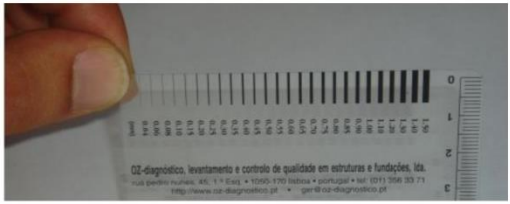

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO - “TUBOS DE KARSTEN”		Ref. ^a 16.F-7.2
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: Desempenho em serviço; tubo de Karsten; permeabilidade à água; revestimento de argamassa; revestimentos de ladrilhos cerâmicos.		
DESCRIÇÃO: Método simples para avaliação <i>in situ</i> ou em laboratório da resistência à água líquida da superfície dos elementos em análise, medindo a absorção de água a baixa pressão. É frequentemente utilizada em revestimentos e paredes com os seguintes objetivos [16.1]: <ul style="list-style-type: none"> •Determinar a permeabilidade à água líquida de revestimentos tradicionais ou não com base em ligantes minerais ou mistos; •Avaliar a capacidade de impermeabilização à água dos revestimentos de paredes; •Estimar o grau de degradação dos revestimentos e prever a vulnerabilidade das alterações superficiais à ação da água; •Determinar grau de proteção de um tratamento hidrófugo e a sua eficácia num determinado período de tempo; •Comparar resultados obtidos sobre diferentes tipos de superfícies de revestimentos e avaliar a influência do acabamento; O nível de permeabilidade medido através deste método pode ser utilizado para caracterizar qualitativamente o estado do revestimento assim como estimar o seu grau de degradação, através de comparações e analisando as alterações verificadas pela absorção de água pelo revestimento [16.2].		EQUIPAMENTO: <div>   </div> <div>  </div>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: A altura total da coluna de água aplicada no tubo ensaio, medida desde o meio da secção colada ao elemento construtivo até à graduação superior, é de 9,8 cm, o que corresponde a uma pressão de 961.38 Pa ou a uma pressão dinâmica do vento de 39,6 m/s ou 142,6 km/h [16.2].		POTENCIALIDADES [16.4]: <ul style="list-style-type: none"> •Método simples e expedito; •Reduzidos custos; •Não necessita de técnico com elevado grau de especialização; •Não exige fonte de energia externa nem para recolha de amostras; •Possibilita ensaios em paredes de edifícios em utilização, sem prejudicar os utentes.
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Revestir com silicone ou outro material de fixação a superfície do bordo do tubo que irá ficar em contacto com o revestimento sem excessos, para que a área real de revestimento em contacto com a água não sofra redução. 2. Fixar o tubo à zona a ser ensaiada, pressionando-a sobre a superfície vertical. 3. Permitir que o material de fixação seque durante, pelo menos, 2 minutos à temperatura ambiente. 4. Encher o tubo com água até à graduação de 0 cm³ e esperar 5 minutos para se observar o abaixamento do nível de água e registar a primeira leitura. 5. Repetir as leituras aos 10, 15, 30 e 60 minutos seguintes. 		LIMITAÇÕES [16.4]: <ul style="list-style-type: none"> •Exige paredes com revestimentos homogêneos; •Ensaio dependente das condições atmosféricas, não sendo possível simular algumas ações incidentes sobre a alvenaria, como a pressão do vento; •Avaliação do comportamento do conjunto revestimento-suporte e não do revestimento isoladamente; •Exige cuidado na aplicação do material de fixação para que não fiquem resíduos no revestimento; •Método desadequado na avaliação de elementos com altos níveis de absorção de água.
16.F-7.2	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MATERIAIS E ESTRUTURAS	



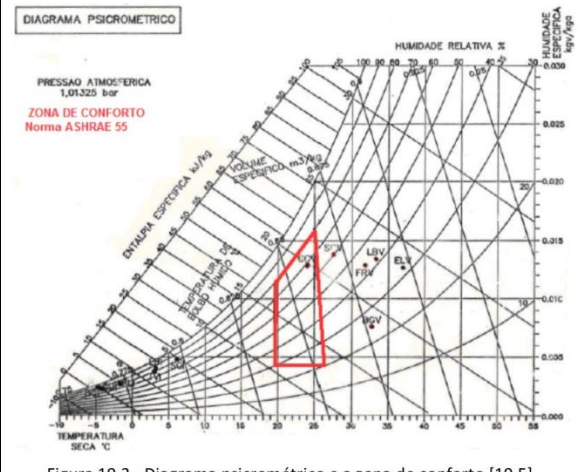
CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																												
DIFICULDADE: 	NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>																													
MATERIAL NECESSÁRIO [16.3]: <ul style="list-style-type: none"> Tubo de vidro graduado de 0 a 4cm³; Silicone ou outro material de fixação; Pistola manual ou ar comprimido para fixação dos tubos; Água desionizada; Cronómetro. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Ensaio com tubos ou cachimbos de Karsten: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 998-1</td> <td>Specification for mortar for masonry. Rendering and</td> <td>2010</td> </tr> <tr> <td>DIN 52 106</td> <td>Testing of aggregates - Test methods for the assessment of the weathering resistance.</td> <td>2004</td> </tr> <tr> <td>Fe Pa 39 (LNEC)</td> <td>Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão.</td> <td>2002</td> </tr> <tr> <td>DIN 52 103</td> <td>Determination of water absorption and saturation coefficient of natural stone and mineral aggregates.</td> <td>1988</td> </tr> <tr> <td>RILEM I.1</td> <td>Water absorption under low pressure. Pipe method. Pipe method. Test N° II.4, Tentative Recommendations.</td> <td>1980</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ensaio complementares:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 1015-18 (CEN)</td> <td>Methods of test for mortar for masonry. Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar</td> <td>2002</td> </tr> <tr> <td>EN 1015-21 (CEN)</td> <td>Methods of test for mortar for masonry. Determination of the compatibility of one-coat rendering mortars with substrates.</td> <td>2002</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	EN 998-1	Specification for mortar for masonry. Rendering and	2010	DIN 52 106	Testing of aggregates - Test methods for the assessment of the weathering resistance.	2004	Fe Pa 39 (LNEC)	Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão.	2002	DIN 52 103	Determination of water absorption and saturation coefficient of natural stone and mineral aggregates.	1988	RILEM I.1	Water absorption under low pressure. Pipe method. Pipe method. Test N° II.4, Tentative Recommendations.	1980	Ref. #	Designação	Ano	EN 1015-18 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar	2002	EN 1015-21 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of the compatibility of one-coat rendering mortars with substrates.	2002	
Ref. #	Designação		Ano																											
EN 998-1	Specification for mortar for masonry. Rendering and	2010																												
DIN 52 106	Testing of aggregates - Test methods for the assessment of the weathering resistance.	2004																												
Fe Pa 39 (LNEC)	Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão.	2002																												
DIN 52 103	Determination of water absorption and saturation coefficient of natural stone and mineral aggregates.	1988																												
RILEM I.1	Water absorption under low pressure. Pipe method. Pipe method. Test N° II.4, Tentative Recommendations.	1980																												
Ref. #	Designação	Ano																												
EN 1015-18 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar	2002																												
EN 1015-21 (CEN)	Methods of test for mortar for masonry. Determination of the compatibility of one-coat rendering mortars with substrates.	2002																												
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Cada ensaio permite registar valores de volume de água absorvida, (em cm³), durante os intervalos de tempo definidos. Com base nas várias medições são realizados gráficos de volume de água absorvido em função do tempo, sendo que as inclinações das retas obtidas correspondem aos respetivos coeficientes de absorção de água [16.5].</p> <p>A absorção de água depende do coeficiente referido acima e do tempo de realização do ensaio.</p> <p>É possível calcular a absorção de água de uma fachada ($A_{fachada}$) sujeita à ação da chuva e do vento durante um determinado intervalo de tempo, através da expressão:</p> $A_{fachada} = C_{absorção} \times \sqrt{t_{chuva}}$ <p>em que, $C_{absorção}$ é o coeficiente de absorção de água da camada superficial (kg/[m² · vh]), ou seja o valor traduzido pela inclinação da curva do gráfico com a absorção de água nas ordenadas e a raiz quadrada do tempo nas abcissas, e t_{chuva} em horas é o tempo de ensaio [16.1].</p>		INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Esta técnica não se baseia em critérios de desempenho, uma vez que não existem valores de desempenho aceitáveis definidos nas normas existentes.</p> <p>O método avalia, de forma geral, a absorção de água da parede, se esta for relativamente homogênea em termos de suporte, revestimento e tipo de anomalias existentes. A execução do ensaio, apesar de simples pode aumentar significativamente a variabilidade dos resultados se não forem tidos em conta alguns aspetos relevantes como, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Existência de microfissuras; Redução da área de contacto da água com o revestimento devida ao excesso de material de fixação; Garantia de um nível constante de pressão durante a realização do ensaio. <p>Os parâmetros de desempenho deverão ser complementados com outros ensaios realizados em laboratório, como o ensaio da permeabilidade à água líquida sob pressão, e o ensaio da absorção de água por capilaridade. Visto que esta técnica avalia a permeabilidade à água líquida, a comparação dos resultados com a capilaridade, porosidade total, ou porosidade aberta deve ser cuidadosamente interpretada [16.1].</p>																												
VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Não existem valores definidos nas normas existentes, mas apresenta-se na Tabela 1 um resumo com valores obtidos de estudos anteriores.</p> <p style="text-align: center;">Tabela 16.1 - Resumo de valores de estudos anteriores [16.6].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Referencia</th> <th>Aplicabilidade</th> <th>Absorção de água aos 60 min. (cm³)</th> <th>Coef. Absorção de água aos 60 min. (kg/[m² · vh])</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">[Duarte, 2009]</td> <td>Reboco exterior tradicional revestido</td> <td>3,7</td> <td>< 1,5</td> </tr> <tr> <td>Reboco exterior pré-doseado</td> <td>≈ 0,8</td> <td>< 0,3</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">[Flores-Colen, 2009]</td> <td>Reboco exterior pré-doseado de base cimentícia</td> <td>≤ 0,2</td> <td>[0,05 - 1]</td> </tr> <tr> <td>Reboco tradicional de cimento</td> <td>[0,6 - 1,4]</td> <td>[0,2 - 0,4]</td> </tr> <tr> <td>Modelo de monocamada mais tijolo (lab.)</td> <td>9</td> <td>2,12</td> </tr> <tr> <td>Modelo de argamassa tradicional mais tijolo (lab.)</td> <td>2,7 (aos 11 meses)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>[Magalhães et al., 2007]</td> <td>Argamassa de cal aérea mais cimento branco (in situ)</td> <td>1,0 (às 14 semanas)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			Referencia	Aplicabilidade	Absorção de água aos 60 min. (cm ³)	Coef. Absorção de água aos 60 min. (kg/[m ² · vh])	[Duarte, 2009]	Reboco exterior tradicional revestido	3,7	< 1,5	Reboco exterior pré-doseado	≈ 0,8	< 0,3	[Flores-Colen, 2009]	Reboco exterior pré-doseado de base cimentícia	≤ 0,2	[0,05 - 1]	Reboco tradicional de cimento	[0,6 - 1,4]	[0,2 - 0,4]	Modelo de monocamada mais tijolo (lab.)	9	2,12	Modelo de argamassa tradicional mais tijolo (lab.)	2,7 (aos 11 meses)	-	[Magalhães et al., 2007]	Argamassa de cal aérea mais cimento branco (in situ)	1,0 (às 14 semanas)	-
Referencia	Aplicabilidade	Absorção de água aos 60 min. (cm ³)	Coef. Absorção de água aos 60 min. (kg/[m ² · vh])																											
[Duarte, 2009]	Reboco exterior tradicional revestido	3,7	< 1,5																											
	Reboco exterior pré-doseado	≈ 0,8	< 0,3																											
[Flores-Colen, 2009]	Reboco exterior pré-doseado de base cimentícia	≤ 0,2	[0,05 - 1]																											
	Reboco tradicional de cimento	[0,6 - 1,4]	[0,2 - 0,4]																											
	Modelo de monocamada mais tijolo (lab.)	9	2,12																											
	Modelo de argamassa tradicional mais tijolo (lab.)	2,7 (aos 11 meses)	-																											
[Magalhães et al., 2007]	Argamassa de cal aérea mais cimento branco (in situ)	1,0 (às 14 semanas)	-																											

ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA		Ref. ^a 17.F-7.3
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: permeabilidade ao vapor de água ;rebocos; ensaio laboratorial; tina seca; tina húmida; permeância; <i>lei de Fick</i> ; <i>método de glaser</i> ;		
DESCRIÇÃO: O método experimental de determinação da permeabilidade ao vapor de água de materiais e elementos de construção tem por base a <i>Lei de Fick</i> . Este método consiste em colocar o provete do material ou elemento que se pretende ensaiar entre dois ambientes à mesma temperatura mas com diferentes pressões parciais de vapor, devido às diferenças de humidade relativa, criando assim um gradiente de pressões entre as duas faces, originando um fluxo de vapor de água através do provete. Conhecendo-se a diferença de pressões parciais de vapor entre as ambiências separadas pelo provete e as suas dimensões ao calcular o fluxo de difusão em regime estacionário podem determinar-se as características de permeabilidade ao vapor de água do material ou elemento em estudo [17.1].		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 17.1 - Aspeto exterior e interior da câmara climática de ensaio com provetes de ensaio [17.5].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: O <i>Método da Tina Seca</i> permite caracterizar o comportamento dos materiais em ambientes com baixa humidade relativa, em que a transferência de água é sobretudo devida a fenómenos de difusão de vapor. Para valores de humidade relativa mais elevados, como é o caso do <i>Método da Tina Húmida</i> , os poros começam a ficar preenchidos com água, aumentando o transporte na fase líquida e diminuindo o transporte na fase vapor [17.1].		 <p>Figura 17.2 - Ensaio de permeabilidade ao vapor de água [17.2].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO (MÉTODO TINA HÚMIDA) : <ol style="list-style-type: none"> Colocar provete no topo da tina de ensaio, com a parte mais rugosa em contacto com o exterior. Dentro destas tinas é colocado nitrato de potássio (KNO₃) em solução aquosa saturada, até 1,5 cm de altura. O provete deve ser selado lateralmente com parafina. E toda a zona de contacto entre o provete e a tina de ensaio deve ser devidamente vedada, com o intuito de garantir completa estanquidade ao ar. Pesar o conjunto tina-provete e colocar numa câmara climática, mantendo uma temperatura de 23°C e 50% de humidade relativa. Pesar os conjuntos tina-provete periodicamente, de modo a aferir a quantidade de vapor de água que se difundia ao longo do tempo através dos provetes. Considera-se que o ensaio termina quando se atinge o regime estacionário de difusão de vapor, o momento em que as últimas 3 medições não variam de massa. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Confirmação de valores pré-definidos para alguns materiais. • Possibilidade de determinação de valores para novos materiais. • Resultados fiáveis.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • A norma EN 1015-19 [17.3], especifica que o método é aplicado a provetes em forma de disco e em moldes circulares com uma área de aproximadamente 0,02 m². • Para o <i>Método da Tina Seca</i>, em vez do nitrato de potássio no fundo da tina, é colocado cloreto de cálcio (CaCl₂) em pó [17.4]. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Ensaio demorado, e com várias medições no seu decorrer. • Necessidade de aparelhos específicos e de custos elevados para a sua realização. • Neste ensaio não é possível avaliar a permeabilidade da constituição completa do elemento construtivo.
17.F-7.3	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIDRODINÂMICA	



CUSTO: <div style="text-align: center;">€ € € € €</div>	DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc ITEcons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção http://www.itecons.uc.pt CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (Laboratório de Ensaios de Produtos) http://www.ctcv.pt/lep.html <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																		
DIFICULDADE: <div style="text-align: center;">● ● ● ○ ○</div>	NÃO DESTRUTIVA <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div>																			
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Balança analítica, com precisão de 0,01g. Câmara climática com controlo das condições de temperatura e humidade relativa. Tinas de ensaio em aço inox. Equipamento de leitura e registo da temperatura e humidade relativa. 																				
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>No final do ensaio, obtém-se um registo da massa durante o tempo de ensaio e a representação gráfica, exemplificada na Figura 17.3.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Figura 17.3 - Exemplo de registo da variação de massa ao longo do ensaio [17.6].</p> </div>																				
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Segundo a norma EN 998-1 [17.3], a permeabilidade ao vapor de água (δ) relaciona-se com o coeficiente de resistência à difusão do vapor de água (μ). Por sua vez, este coeficiente calcula-se a partir da permeância ao vapor de água (Λ). As equações (1), (2) e (3) demonstram o modo como os parâmetros se relacionam. A espessura da camada de ar de difusão equivalente (S_d) é calculada pela multiplicação do coeficiente de resistência à difusão do vapor de água pela espessura, equação (4) [17.6].</p> <div style="margin-left: 40px;"> $\delta = \Lambda \times e \quad (1)$ $\Lambda = \frac{m}{A \times \Delta p} \quad (2)$ $\mu = \frac{1,94 \times 10^{-10}}{\Lambda \times e} \quad (3)$ $S_d = \mu \times e \quad (4)$ </div> <p>em que:</p> <p>e = espessura do provete (m); m = declive da relação linear entre massa e tempo (kg/s); A = área do provete (m²); Δp = diferença entre a pressão de vapor exterior e interior, (Pa).</p> <p>Essa diferença de pressão entre o lado em contacto com o exterior e o lado sujeito à substância condicionadora é determinada considerando que no interior do conjunto a temperatura do ar existente entre a superfície do provete e a solução é igual a 22 °C.</p> <p>Com o valor do declive do gráfico obtido, procede-se ao cálculo da permeância (Λ), a partir da qual se determina a permeabilidade ao vapor de água (δ) e o coeficiente de resistência à difusão de vapor (μ). Na análise do ensaio e de acordo com a EN 998-1 [17.3], a permeabilidade ao vapor é expressa em termos do coeficiente de resistência à difusão de vapor de água (μ) [17.6].</p>																				
DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BS EN 1745</td> <td>Masonry and masonry products. Methods for determining thermal properties</td> <td>2012</td> </tr> <tr> <td>EN 998-1 (CEN)</td> <td>Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar.</td> <td>2010</td> </tr> <tr> <td>NP EN 1015-19 (IPQ)</td> <td>Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas.</td> <td>2008</td> </tr> <tr> <td>BS EN ISO 12572</td> <td>Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water vapour transmission properties.</td> <td>2001</td> </tr> <tr> <td>BS EN 12086</td> <td>Thermal insulating products for building applications. Determination of water vapour transmission properties</td> <td>1997</td> </tr> </tbody> </table>			Ref. #	Designação	Ano	BS EN 1745	Masonry and masonry products. Methods for determining thermal properties	2012	EN 998-1 (CEN)	Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar.	2010	NP EN 1015-19 (IPQ)	Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas.	2008	BS EN ISO 12572	Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water vapour transmission properties.	2001	BS EN 12086	Thermal insulating products for building applications. Determination of water vapour transmission properties	1997
Ref. #	Designação	Ano																		
BS EN 1745	Masonry and masonry products. Methods for determining thermal properties	2012																		
EN 998-1 (CEN)	Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar.	2010																		
NP EN 1015-19 (IPQ)	Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas.	2008																		
BS EN ISO 12572	Hygrothermal performance of building materials and products. Determination of water vapour transmission properties.	2001																		
BS EN 12086	Thermal insulating products for building applications. Determination of water vapour transmission properties	1997																		
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS (CONTINUAÇÃO): <p>Quanto menor for o valor de μ, maior é a difusão de vapor de água. Por exemplo, o betão celular sendo um material com valor de μ muito baixo, pode-se dizer que “respira”.</p> <p>Os materiais que apresentam um coeficiente de resistência à difusão de vapor mais reduzido são aqueles que têm uma permeabilidade ao vapor de água maior, tal como o betão celular autoclavado. O tijolo apresenta uma permeabilidade ao vapor de água baixa [17.7].</p>																				
VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Na Tabela 17.1, constam os fatores de resistência à difusão do vapor de água (μ) e os coeficientes de permeabilidade ao vapor de água (δ) de diferentes materiais:</p> <p style="text-align: center;">Tabela 17.1 - Coeficientes de resistência à difusão e permeabilidade ao vapor de água [17.7].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Coeficiente de resistência à difusão do vapor (μ)</th> <th>Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Betão celular</td> <td>4,4</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Betão de argila expandida</td> <td>7,4</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Tijolo</td> <td>9 - 27</td> <td>6,9 - 21</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para que um revestimento seja permeável ao vapor de água, deve responder aos critérios de <i>Kunzel</i>, transcritos na Tabela 17.2.</p> <p style="text-align: center;">Tabela 17.2 - Condições de revestimento permeável ao vapor de água [17.7].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Coeficiente de absorção de água</td> <td>$A \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$</td> </tr> <tr> <td>Resistência à difusão de vapor de água</td> <td>$S_d \leq 2 \text{ m}$</td> </tr> </tbody> </table>			Material	Coeficiente de resistência à difusão do vapor (μ)	Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ)	Betão celular	4,4	42	Betão de argila expandida	7,4	25	Tijolo	9 - 27	6,9 - 21	Coeficiente de absorção de água	$A \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$	Resistência à difusão de vapor de água	$S_d \leq 2 \text{ m}$		
Material	Coeficiente de resistência à difusão do vapor (μ)	Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ)																		
Betão celular	4,4	42																		
Betão de argila expandida	7,4	25																		
Tijolo	9 - 27	6,9 - 21																		
Coeficiente de absorção de água	$A \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$																			
Resistência à difusão de vapor de água	$S_d \leq 2 \text{ m}$																			
ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA		17.F-7.3																		

MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS - “FISSURÓMETRO”		Ref. ^a 18.F-9.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Palavras-chave: fissurómetro; fissura; fenda; monitorização; comparador de fissuras; medidor ótico; comportamento estrutural; deslocamento.		
DESCRIÇÃO: O fissurómetro é um pequeno instrumento destinado a medir, de forma expedita e económica, os movimentos relativos que se verificam num ponto numa fissura ou fenda existente numa parede, pavimento ou qualquer outro elemento estrutural numa construção [18.1].		EQUIPAMENTO:
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: É um instrumento constituído por duas partes, executadas em plástico flexível e transparente. A primeira, em forma de “T”, tem impressos dois traços de referência em esquadria. A segunda, de forma retangular, tem impresso um reticulado graduado em 0,5 mm, e é dotada de duas ranhuras, nas quais a primeira parte vem introduzida, de forma a que os traços de referência e o reticulado fiquem sobrepostos e centrados [18.1]. O fissurómetro é fornecido com as duas partes fixadas na posição descrita, por meio de dois autocolantes [18.1].		 <p>Figura 18.1 - Pormenor de fissurómetro [18.1].</p>  <p>Figura 18.2 - Fissurómetro aplicado [18.2].</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Marcar os pontos de medição, desenhando pequenos traços a lápis, perpendiculares às fissuras. 2. Fixar cada fissurómetro ao elemento estrutural, de modo que as setas impressas nos extremos fiquem centradas com os traços atrás referidos e que o centro do reticulado coincida com a fissura. O fissurómetro posiciona-se segundo a direção mais próxima da normal à fissura. 3. A fixação pode ser feita de diferentes modos, consoante o tipo de suporte. No caso de utilização de cola, esta deve ser a mais rígida possível depois de endurecida e aplicada em camada tão delgada quanto possível. 4. Após o completo endurecimento da cola (ou fixação completa através de outro processo), remover cuidadosamente os dois autocolantes, ficando o fissurómetro a medir os movimentos da fissura nesse ponto. 5. A partir daqui, devem-se realizar medições regularmente, registando as leituras para cada fissurómetro. 		 <p>Figura 18.3 - Tipos de fissurómetros [18.3].</p>
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Os fissurómetros devem ser referenciados por números, e a cada um deve corresponder uma folha de registo das leituras, a ser preenchida em cada sessão de medição. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Ensaio sem grande complexidade de realização. • Equipamento de baixo custo. • Reduzida exigência técnica
LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Tempo de observação muito longo. • Escalas do instrumento. • Fissuras em locais de difícil acesso para efetuar leituras. 		
18.F-9.1	TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO	

CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt PDIG - Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios http://www.pdig.pt <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>	
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Fissurómetro (constituído por duas partes em plástico); Material de fixação (cola de contacto, fita adesiva de dupla face; pregos de aço, parafusos com buchas, etc.); Ficha de registos (com tabelas específicas para as leituras relativas a cada componente observada no instrumento). 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: Não foi encontrada normalização relativa a fissuras, ou ao ensaio analisado nesta ficha.	
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: Dada a conceção do fissurómetro, é possível medir com ele duas componentes de deslocamento (segundo a direção longitudinal e transversal), e uma componente de rotação (em torno dum eixo perpendicular ao plano do instrumento) [18.1]. Estas leituras podem ser realizadas, muito facilmente, por simples registo na folha respetiva da posição relativa dos traços de referência e do reticulado, isto é, o registo funciona como uma fotografia da abertura da fissura, aquando da altura da medição [18.1]. Devem ser medidas as aberturas no início da monitorização, com recurso ao comparador de fissuras ou com o medidor ótico, e registar também na folha de registo, para comparação no final da monitorização [18.1].		INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: A análise de várias leituras ao longo do tempo, permitem ter uma ideia da tendência do movimento para um agravamento, estabilização, recuperação ou variação cíclica. Permite, eventualmente, estabelecer relações de causa-efeito com ações ou ocorrências a que a construção esteja sujeita [18.1]. A integração das leituras dos diferentes fissurómetros permitirá interpretar os movimentos em termos do comportamento dos elementos estruturais envolvidos, detetar eventuais movimentos de corpo rígido e apontar para possíveis zonas de cedência da construção [18.1]. VALORES DE REFERÊNCIA : Não existem valores de referência normalizados, pois trata-se de um ensaio de monitorização e análise durante um período de tempo, e por isso varia de edifício para edifício e com o tipo de fissura em causa.	
EQUIPAMENTO COMPLEMENTAR : Para se medir a abertura das fissuras e fendas, poder-se-ão ainda utilizar o comparador de fissuras (Figura 18.4), e/ou medidor ótico (Figura 18.5). O comparador de fissuras consiste num retângulo de plástico transparente, com diferentes traços de espessuras conhecidas e que por comparação visual permite estimar a abertura das fissuras [18.1]. O medidor ótico é constituído por um conjunto ótico focável, cujo o campo de visão pode ser iluminado por uma lâmpada alimentada por uma pilha. A lente graduada permite medições com uma exatidão de 0,02 mm [18.1]. A utilização destes equipamentos dependerá do rigor pretendido na monitorização e da variação da abertura das fissuras durante o período da monitorização [18.1].			 <p>Figura 18.4 - Comparador de fissuras [18.1].</p>  <p>Figura 18.5 - Medidor ótico [18.1].</p>
MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS - "FISSURÓMETRO"			18.F-9.1

TÉCNICAS DE REGISTO E MONITORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS		Ref. ^a 19.F-10.1
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório
Palavras-chave: registo de condições higrotérmicas; temperatura; teor de humidade; humidade relativa; termómetro; higrómetro;		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DESCRIÇÃO: <p>O conforto térmico não é linear, pois as mesmas pessoas podem sentir-se confortáveis em condições térmicas diferentes, dependendo também das características oferecidas pelo edifício. Este depende do tipo de atividade que está a realizar, o vestuário que utiliza e o próprio metabolismo da pessoa [19.1].</p> <p>A monitorização da temperatura e da humidade relativa é importante, pois afetam o conforto e a saúde dos seus ocupantes, a qualidade do ar, a durabilidade do edifício em si e dos seus materiais e ainda o consumo de energia neste.</p> <p>A humidade relativa representa a relação entre a quantidade de vapor presente num determinado volume de ar e a quantidade máxima de vapor que esse mesmo volume pode conter a mesma temperatura. Depende portanto da quantidade de vapor de água contida no ar, e também da temperatura deste. Isso porque, tendo uma quantidade de vapor de água no ar constante, a humidade relativa aumenta se a temperatura descer e diminui se a temperatura subir [19.2].</p>		EQUIPAMENTO:  Figura 19.1 - Dataloggers [19.3].  Figura 19.2 - Termo-higrómetro [19.4].
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: <p>Esta ficha de diagnóstico não diz respeito propriamente a um ensaio, mas sim uma monitorização dos valores de temperatura e humidade relativa que se verificam no edifício e/ou divisões em estudo.</p> <p>Para esta monitorização, quando se pretende recolher dados de forma contínua utilizam-se <i>dataloggers</i>, no caso de medições pontuais existem os termo-higrómetros para análise simultânea da temperatura e humidade relativa ambientes, ou de forma individual, os termómetros para medição da temperatura ambiente e de superfície e os higrómetros para medição da humidade relativa.</p>		 Figura 19.3 - Diagrama psicrométrico e a zona de conforto [19.5].
PROCEDIMENTO: <u>Termómetro</u> <p>Com o termómetro de infravermelhos mede-se a temperatura superficial sem contacto, sendo necessário apenas apontar para as superfícies a analisar.</p> <p>Para medição da temperatura ambiente, utiliza-se um termómetro de sensor externo, sendo necessário apenas colocar o sensor na zona pretendida e premir o botão de ativação.</p> <u>Higrómetro</u> <p>A utilização deste equipamento permite avaliar a percentagem de humidade existente nos elementos construtivos por contacto direto e ainda a humidade relativa do ar através de outro sensor, sendo necessário apenas alterar o interruptor.</p> <u>Termo-higrómetro</u> <p>Este equipamento dispõe das funções de temperatura de bolbo seco, bolbo húmido, humidade relativa, humidade absoluta e ponto de orvalho, sendo necessário apenas alterar o interruptor de função.</p> <u>Dataloggers</u> <p>São equipamentos portáteis, de pequenas dimensões, com sensores eletrónicos concebidos para medição de temperatura e humidade relativa. Podem ser programadas as horas de recolha de dados, estes são armazenados no equipamento e podem ser transferidos para o computador para posteriormente serem tratados.</p>		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> •Facilidade de operação. •Avaliar o conforto na habitação. •Minimiza custos futuros de manutenção do edifício, quando as medições efetuadas são corretamente avaliadas, para que se mantenham condições recomendáveis nas várias divisões deste. •Permite conhecer os problemas existentes no interior da habitação e obter a variação nas condições interiores após obras de reabilitação.
LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> •Necessidade de experiência e conhecimentos por parte do técnico executante. •Também nos resultados obtidos, é requerida uma certa experiência de interpretação. •Na monitorização contínua das condições de temperatura e humidade relativa existe alguma afetação aos utilizadores do edifício. 		
19.F-10.1	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA	


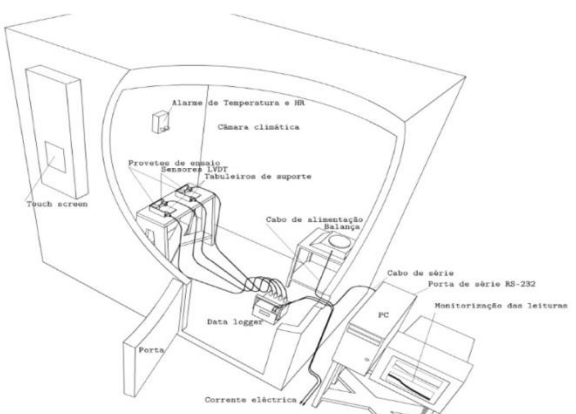


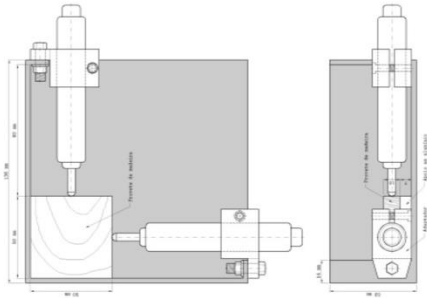
CUSTO: 	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> Oz - Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda. http://www.oz-diagnostico.pt PDIG - Diagnóstico e Inspeção de Estruturas e Edifícios http://www.pdig.pt LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>												
DIFICULDADE: 	NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>													
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Termo-higrómetro; Termómetro de infravermelhos; Higrómetro de contacto; Dataloggers (com função de registo de temperatura e humidade relativa); Computador para registo e trabalho de dados recolhidos; 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ASHRAE 55</td> <td>Thermal Environment Conditions for Human Occupancy</td> <td>2010</td> </tr> <tr> <td>ISO 7730</td> <td>Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.</td> <td>2005</td> </tr> <tr> <td>DIN 1946-2</td> <td>Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)</td> <td>1994</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	ASHRAE 55	Thermal Environment Conditions for Human Occupancy	2010	ISO 7730	Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.	2005	DIN 1946-2	Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)	1994
Ref. #	Designação	Ano												
ASHRAE 55	Thermal Environment Conditions for Human Occupancy	2010												
ISO 7730	Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.	2005												
DIN 1946-2	Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)	1994												
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Com os dados das medições de forma contínua, no período de tempo pretendido para a análise em questão, devem construir-se os gráficos relativos à temperatura (Figura 19.4) e humidade relativa (Figura 19.5), onde se devem comparar as oscilações destes dados tanto no interior como no exterior, conforme está exemplificado nos gráficos das figuras já referidas.</p> <p>Figura 19.4 - Exemplo de Gráfico de temperatura interior e exterior [19.1].</p> <p>Figura 19.5 - Exemplo de gráfico de humidade relativa interior e exterior [19.1].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Nesta ficha não se pode dizer que existem valores de referência para a temperatura e humidade relativa num edifício, seja qual for o seu uso. Principalmente porque os materiais reagem de forma diferente uns dos outros às alterações ambientais, mesmo quando há contacto direto entre eles.</p> <p>Pode utilizar-se como valores recomendados para o conforto térmico, os valores apresentados na Tabela 19.1, retirados de um estudo [19.1] e baseados na norma EN ISO 7730 [19.6].</p> <p>Tabela 19.1 - Alguns valores adotados pela norma EN ISO 7730:1993 [19.6].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parâmetros</th> <th>Valores recomendados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Temperatura do ar interior</td> <td>20° - 24°C (Estação aquecimento)</td> </tr> <tr> <td>23° - 26°C (Estação arrefecimento)</td> </tr> <tr> <td>Humidade da atmosfera interior</td> <td>40% - 70%</td> </tr> <tr> <td>Diferença de temperatura do ar na vertical entre 1,8 m e a 0,1 m acima do pavimento</td> <td>Inferior a 3°C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do pavimento</td> <td>19° - 26°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ainda no mesmo estudo, apresenta-se o esquema da Figura 19.6 retirado da norma DIN 1946-2 [19.7], que segundo esta representa os intervalos de temperatura e humidade relativa em ambiente interior para os quais ainda se faz sentir o conforto térmico no interior do edifício.</p> <p>Figura 19.6 - Esquema representativo entre a temperatura e humidade relativa interior [19.7].</p>	Parâmetros	Valores recomendados	Temperatura do ar interior	20° - 24°C (Estação aquecimento)	23° - 26°C (Estação arrefecimento)	Humidade da atmosfera interior	40% - 70%	Diferença de temperatura do ar na vertical entre 1,8 m e a 0,1 m acima do pavimento	Inferior a 3°C	Temperatura do pavimento	19° - 26°C	
Parâmetros	Valores recomendados													
Temperatura do ar interior	20° - 24°C (Estação aquecimento)													
	23° - 26°C (Estação arrefecimento)													
Humidade da atmosfera interior	40% - 70%													
Diferença de temperatura do ar na vertical entre 1,8 m e a 0,1 m acima do pavimento	Inferior a 3°C													
Temperatura do pavimento	19° - 26°C													
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Com os dados obtidos e após a construção dos gráficos mais adequados, devem comparar-se as oscilações destes com os limites recomendados [19.1].</p> <p>Podem ainda utilizar-se funções de correlação entre a temperatura exterior/interior e entre a humidade relativa exterior/interior, para que dessa forma se determine se existe ou não dependência de grandezas, para dessa forma se proceder às alterações mais adequadas no edifício em estudo [19.1].</p>														



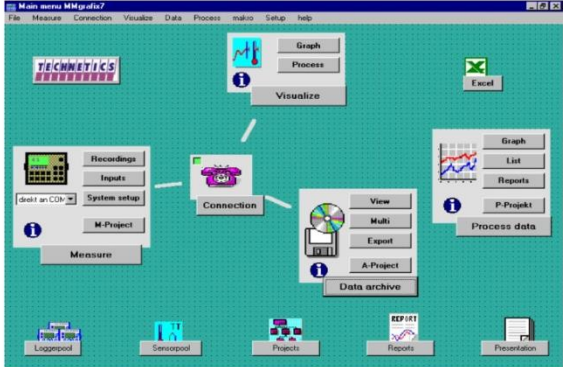
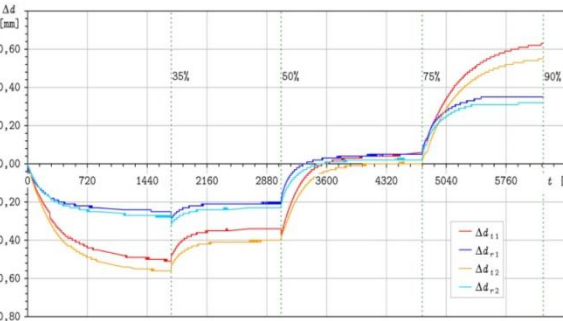
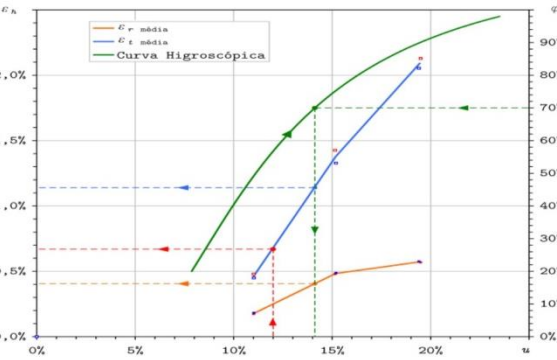
ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA		Ref. ^a 20.F-10.2
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: condutibilidade térmica; choque térmico; isolamento; temperatura; choque térmico; <i>Guarded-Hot-Plate</i> ; fluxo de calor;		
DESCRIÇÃO: A condutibilidade térmica (λ), expressa em W/(m .°C) ou W/(m .K), é o fluxo de calor medido em Watts que atravessa, perpendicularmente, um elemento com 1 m ² de secção e espessura de 1 m, quando a diferença de temperatura entre as duas faces é de 1°C, sendo as faces planas e paralelas. É uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos termicamente homogêneos [20.1]. Os métodos mais utilizados para a sua determinação são o do <i>Guarded-Hot-Plate</i> e o do <i>Choque Térmico</i> [20.1]. No caso de se envolver um objeto a uma dada temperatura com uma camada de um material, de modo a isolá-lo do ambiente exterior, a condutibilidade térmica do material isolante determina a rapidez com que o calor fluirá através dele [20.1].		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 20.1 - Equipamento <i>Holometrix GHP-300</i> do LFC da FEUP [20.3].</p>  <p>Figura 20.2 - Equipamento <i>CT-Mètre</i> do LFC da FEUP [20.3].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: A determinação da condutibilidade térmica baseada no <i>Método Placa Quente (Guard-Hot-Plate)</i> , realiza-se em regime permanente e aplica-se apenas a materiais secos [20.1]. Para se determinar a condutibilidade térmica de um material húmido pode ser feita recorrendo ao <i>CT-Mètre</i> cujo método, baseado no <i>Choque Térmico</i> , e pode ser realizado <i>in situ</i> ou em laboratório, e para distintos teores de humidade. Desta forma, de modo a atribuir ao provete a humidade desejada para o teste, deve-se colocá-lo numa câmara climática com temperatura e humidade relativa reguláveis [20.1].		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> •No caso do equipamento <i>CT-Mètre</i>, o ensaio pode ser realizado tanto <i>in situ</i> como em laboratório. •Confirmação de valores declarados pelos fabricantes, pois esses obtêm-se em condições muitas vezes desconhecidas.
PROCEDIMENTO DE ENSAIO (GUARDED-HOT-PLATE): <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar os provetes numa câmara climática, de forma a atribuir a humidade relativa pretendida e pesá-los de forma a determinar a massa volúmica aparente após condicionamento. 2. Colocar os provetes em análise entre duas placas do aparelho, colocando um isolante na lateral para evitar o fluxo de calor por esse lado, e sem deixar espaço entre as placas e o provete. Estas placas criam diferenciais de temperatura entre faces opostas do provete, possibilitando a medição do fluxo de calor que se cria através do provete. 3. Após um período de estabilização do sistema, é obtido um fluxo constante e unidirecional, na direção perpendicular às faces do provete. 4. Os resultados do ensaio são obtidos a partir da média dos valores de condutibilidade térmica dos dois provetes. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> •O equipamento que utiliza o Método <i>Guard-Hot-Plate</i>, além de não possibilitar a realização do ensaio <i>in situ</i>, também não possibilita a utilização de materiais húmidos. •A escolha de parâmetros como a potência do choque térmico deve ser feita em função da condutibilidade térmica esperada para o material a ensaiar, o que obriga a ensaios prévios, ou consulta de outros documentos com dados para materiais semelhantes.
20.F-10.2	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA	

CUSTO: 	DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc ITEcons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção http://www.itecons.uc.pt 																																																							
DIFICULDADE: 	NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>																																																								
MATERIAL NECESSÁRIO: <ul style="list-style-type: none"> Câmara climática com controlo das condições de temperatura e humidade relativa; Estufa ventilada com controlo das condições de temperatura e ventilação.; Equipamento <i>Holometrix</i>; Equipamento de controlo de temperaturas; Equipamento de aquisição de dados; Recipiente de ensaio dos provetes; Equipamento de refrigeração. 		NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.																																																							
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>As normas europeias EN 993-14 [20.4] e EN 993-15 [20.5], bem como o manual de funcionamento <i>CT-Mètre</i> [20.6] indicam fórmulas utilizada no cálculo da condutibilidade térmica, fórmulas essas que, na última referência bibliográfica mencionada, diferem em função do tipo de sonda utilizada, conforme se pode ver na Tabela 20.1.</p> <p>Tabela 20.1 - Características de ensaio para cada tipo de sonda [20.1].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sonda</th> <th colspan="2">Dimensões mínimas dos provetes (mm x mm x mm)</th> <th rowspan="2">Tempo de ensaio (s)</th> <th rowspan="2">Variação de temperatura (°C)</th> </tr> <tr> <th>$\lambda < 0,5 \text{ W/(m.K)}$</th> <th>$\lambda > 0,5 \text{ W/(m.K)}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Monotige</i></td> <td>50 x 50 x 100</td> <td>100 x 100 x 100</td> <td>Min. 180 e Máx. 500</td> <td>Máx. 80</td> </tr> <tr> <td><i>Anneau</i></td> <td>100 x 50 x 20</td> <td>100 x 50 x 50</td> <td>Máx. 500</td> <td>Máx. 80</td> </tr> <tr> <td><i>Fil</i></td> <td>80 x 80 x 20</td> <td>100 x 100 x 50</td> <td>Min. 180 e Máx. 500</td> <td>Máx. 80</td> </tr> </tbody> </table> <p>Através das conclusões de estudos anteriores, verificou-se ainda que os resultados apresentados obtidos em ensaios realizados com o <i>Holometrix GHP-300</i>, apresentam valores inferiores de condutibilidade térmica quando comparados com os resultados obtidos recorrendo ao equipamento portátil <i>CT-Mètre</i> [20.1].</p>		Sonda	Dimensões mínimas dos provetes (mm x mm x mm)		Tempo de ensaio (s)	Variação de temperatura (°C)	$\lambda < 0,5 \text{ W/(m.K)}$	$\lambda > 0,5 \text{ W/(m.K)}$	<i>Monotige</i>	50 x 50 x 100	100 x 100 x 100	Min. 180 e Máx. 500	Máx. 80	<i>Anneau</i>	100 x 50 x 20	100 x 50 x 50	Máx. 500	Máx. 80	<i>Fil</i>	80 x 80 x 20	100 x 100 x 50	Min. 180 e Máx. 500	Máx. 80	DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 12667 (CEN)</td> <td>Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of high and medium thermal resistance.</td> <td>2001</td> </tr> <tr> <td>EN 12664 (CEN)</td> <td>Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance.</td> <td>2001</td> </tr> <tr> <td>EN 12939 (CEN)</td> <td>Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance</td> <td>2001</td> </tr> <tr> <td>EN 1946-1 (CEN)</td> <td>Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 2- Measurements by guarded hot plate method.</td> <td>1999</td> </tr> <tr> <td>EN 1946-2 (CEN)</td> <td>Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 3- Measurements by heat flow meter method.</td> <td>1999</td> </tr> <tr> <td>EN 993-14</td> <td>Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (cross-array) method</td> <td>1998</td> </tr> <tr> <td>EN 993-15</td> <td>Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (parallel) method</td> <td>1998</td> </tr> <tr> <td>ISO 8302</td> <td>Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus</td> <td>1991</td> </tr> <tr> <td>ISO 8301</td> <td>Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties --Heat flow meter apparatus</td> <td>1991</td> </tr> <tr> <td>NP 116</td> <td>Materiais de construção - determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente.</td> <td>1962</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	EN 12667 (CEN)	Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of high and medium thermal resistance.	2001	EN 12664 (CEN)	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance.	2001	EN 12939 (CEN)	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance	2001	EN 1946-1 (CEN)	Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 2- Measurements by guarded hot plate method.	1999	EN 1946-2 (CEN)	Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 3- Measurements by heat flow meter method.	1999	EN 993-14	Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (cross-array) method	1998	EN 993-15	Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (parallel) method	1998	ISO 8302	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus	1991	ISO 8301	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties --Heat flow meter apparatus	1991	NP 116	Materiais de construção - determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente.	1962
Sonda	Dimensões mínimas dos provetes (mm x mm x mm)		Tempo de ensaio (s)	Variação de temperatura (°C)																																																					
	$\lambda < 0,5 \text{ W/(m.K)}$	$\lambda > 0,5 \text{ W/(m.K)}$																																																							
<i>Monotige</i>	50 x 50 x 100	100 x 100 x 100	Min. 180 e Máx. 500	Máx. 80																																																					
<i>Anneau</i>	100 x 50 x 20	100 x 50 x 50	Máx. 500	Máx. 80																																																					
<i>Fil</i>	80 x 80 x 20	100 x 100 x 50	Min. 180 e Máx. 500	Máx. 80																																																					
Ref. #	Designação	Ano																																																							
EN 12667 (CEN)	Thermal performance of building materials and products – Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods – Products of high and medium thermal resistance.	2001																																																							
EN 12664 (CEN)	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance.	2001																																																							
EN 12939 (CEN)	Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Thick products of high and medium thermal resistance	2001																																																							
EN 1946-1 (CEN)	Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 2- Measurements by guarded hot plate method.	1999																																																							
EN 1946-2 (CEN)	Thermal performance of building products and components, Specific criteria for the assessment of laboratories measuring heat transfer properties, Part 3- Measurements by heat flow meter method.	1999																																																							
EN 993-14	Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (cross-array) method	1998																																																							
EN 993-15	Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (parallel) method	1998																																																							
ISO 8302	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus	1991																																																							
ISO 8301	Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties --Heat flow meter apparatus	1991																																																							
NP 116	Materiais de construção - determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente.	1962																																																							
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>Em estudos anteriores, concluiu-se que a condutibilidade térmica é crescente com o aumento de humidade, embora de forma não linear. Sendo assim, um parâmetro que possua um material com estas características na sua constituição, vê a sua resistência térmica diminuída quando a humidade aumenta [20.7].</p> <p>Para que o ensaio seja conclusivo sobre a variação da condutibilidade térmica, devem existir um número elevado de amostras, devem conhecer-se com precisão as condições de ensaio ou medição e as amostras do material em análise devem ser o mais homogêneas possível [20.7].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA : <p>Na Tabela 20.2, apresentam-se valores médios da condutibilidade térmica para 50% de HR determinados com o <i>CT-Mètre</i> e o <i>Holometrix GHP-300</i>. Ainda para os mesmos materiais, Tabela 20.3 é possível verificar os valores médios da condutibilidade térmica, para diferentes valores de humidade relativa (HR) e teor de humidade (w).</p> <p>Tabela 20.2 - Valores para a condutibilidade térmica para dois materiais, registados com dois equipamentos diferentes [20.1].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">HR (%)</th> <th colspan="2">$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$</th> </tr> <tr> <th>CT-Mètre</th> <th>Holometrix GHP-300</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Poliuretano</td> <td>50</td> <td>0,038</td> <td>0,0365</td> </tr> <tr> <td>Argamassa com inertes de cortiça</td> <td>50</td> <td>0,176</td> <td>0,167</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabela 20.3 - Valores de condutibilidade para diferentes níveis de humidade relativa (HR) e teor de humidade (w) [20.2].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Amostras</th> <th rowspan="2">HR (%)</th> <th rowspan="2">w (kg/kg)</th> <th>$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$</th> </tr> <tr> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Poliuretano</td> <td>50</td> <td>2,3%</td> <td>0,038</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>444,1%</td> <td>0,067</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>1302,4%</td> <td>0,135</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Argamassa com inertes de cortiça</td> <td>50</td> <td>6,7%</td> <td>0,176</td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>11,0%</td> <td>0,233</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>13,8%</td> <td>0,323</td> </tr> </tbody> </table> <p>Mais valores de referência de condutibilidade térmica para diversos materiais podem ser encontrados no ITE 50 [20.2].</p>		HR (%)	$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$		CT-Mètre	Holometrix GHP-300	Poliuretano	50	0,038	0,0365	Argamassa com inertes de cortiça	50	0,176	0,167	Amostras	HR (%)	w (kg/kg)	$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$		Poliuretano	50	2,3%	0,038	90	444,1%	0,067	-	1302,4%	0,135	Argamassa com inertes de cortiça	50	6,7%	0,176	90	11,0%	0,233	-	13,8%	0,323																
	HR (%)	$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$																																																							
		CT-Mètre	Holometrix GHP-300																																																						
Poliuretano	50	0,038	0,0365																																																						
Argamassa com inertes de cortiça	50	0,176	0,167																																																						
Amostras	HR (%)	w (kg/kg)	$\lambda \text{ [W/(m.K)]}$																																																						
Poliuretano	50	2,3%	0,038																																																						
	90	444,1%	0,067																																																						
	-	1302,4%	0,135																																																						
Argamassa com inertes de cortiça	50	6,7%	0,176																																																						
	90	11,0%	0,233																																																						
	-	13,8%	0,323																																																						
ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA		20.F-10.2																																																							

ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO - “BLOWER DOOR”		Ref. ^a 21.F-10.3
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Palavras-chave: <i>blower door</i> ; ensaio de pressurização; eficiência energética; permeabilidade ao ar da envolvente; ventilação; fugas de ar		
DESCRIÇÃO: Este ensaio tem como objetivo a caracterização da permeabilidade ao ar da envolvente de um edifício ou parte deste, permitindo obter diversas análises e diagnósticos relativos a infiltrações, como: <ul style="list-style-type: none"> • Verificação da conformidade da permeabilidade ao ar com a regulamentação aplicável; • Comparação da permeabilidade relativa ao ar entre edifícios ou compartimentos; • Identificação de locais com fugas de ar. O ensaio permite ainda determinar os coeficientes característicos da permeabilidade ao ar da envolvente, resultantes de obras de melhoria realizadas [21.1].		EQUIPAMENTO:  <p>Figura 21.1 - Equipamentos do ensaio de pressurização/despressurização [21.1].</p>
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: Com recurso a uma “porta ventiladora”, neste ensaio pretende-se efetuar a pressurização e/ou depressurização do espaço interior de uma habitação ou compartimento e registar o caudal de ar necessário para gerar um determinado diferencial de pressão (Δp) entre os espaços interior e o ambiente exterior. Através da vedação sucessiva dos vários componentes de ventilação da envolvente, é possível caracterizar a permeabilidade ao ar de cada um destes, e estimar, por exemplo, o impacto da melhoria da permeabilidade ao ar das janelas. Nestes ensaios são aplicadas diferenças de pressão sucessivas entre o espaço interior e o exterior, onde é medido o caudal de ar necessário para estabelecer essas diferenças de pressão. Normalmente, para a realização destes ensaios são aplicadas diferenças de pressão entre 25 e 60 Pa [21.1].		 <p>a) Ajuste da porta ventiladora; b) Porta ventiladora já instalada.</p> <p>Figura 21.2 - Ensaio de Blower door [21.1]:</p>
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar a moldura em largura e altura ao aro da porta. 2. Remover a moldura e colocar a capa de <i>nylon</i>. A fixação da capa não deve apresentar folgas. 3. Fixar a moldura e capa no aro da porta e colocar as travessas da moldura, fixando firmemente todos os elementos ao aro da porta. Não devendo existir folgas entre a capa e o aro da porta. 4. Ligar os equipamentos (ventilador e controlador de velocidade) e a deteção da <i>databox</i> (APT System) pelo software escolhido. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de detetar fugas de ar. • Possibilidade de baixar os gastos energéticos do edifício. • Ensaio sem destruição de elementos construtivos, apenas necessita de isolar possíveis locais de fugas de ar, como lareiras, janelas, equipamentos mecânicos ou naturais de extração de ar nos locais em análise.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • A montagem da moldura ajustável deve ser montada numa porta do edifício com ligação para o exterior, normalmente a principal, e orientada para um espaço interior aberto e amplo. • Os equipamentos de ensaio são usualmente, instalados no interior da zona ensaiada e controlados pelo operador, também no seu interior durante o ensaio. • O aparelho APT, que permite a leitura das várias pressões (exterior, interior e junto do ventilador) e a velocidade do ventilador deve ser colocado junto ao portátil, para que os dados sejam transmitidos para o software. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Os resultados obtidos requerem experiência a interpretar. • Ensaio algo demorado e necessita de várias repetições até encontrar quais as possíveis causas de fugas de ar. • Realização impossível em edifícios muito degradados, pois não possuem muitas vezes, as condições necessárias à adaptação do sistema à porta de entrada.
21.F-10.3	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA	

CUSTO: € € € € €	DESTRUTIVA <input type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção http://www.itecons.uc.pt LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>												
DIFICULDADE: ● ● ● ○ ○	MATERIAL NECESSÁRIO [21.1]: <ul style="list-style-type: none"> Porta ventiladora <i>Blower Door</i>: <ul style="list-style-type: none"> - Ventilador e anéis - APT - Controlador de velocidade - Moldura ajustável - Capa de <i>nylon</i> - 3 tubos coloridos Computador portátil com o <i>software</i> adequado para registo das leituras e determinação de parâmetros (<i>TECTITE</i>, utilizado no estudo consultado); Medidor de diferencial de pressão (<i>AIRFLOW TA460</i>, utilizado no estudo consultado); <i>Datalogger</i> com medição de humidade, temperatura e pressão barométrica (<i>HygroLog HL-NT</i>, utilizado no estudo consultado); Gerador de fumos (para deteção de fugas de ar). 													
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Antes de mais, convém referir que as condições meteorológicas durante a realização dos ensaios devem enquadrar-se nos limites definidos na norma EN13829:2000, de modo que nem o efeito de chaminé, nem a ação do vento afetem de forma significativa os resultados, ou seja, a diferença de temperatura interior e exterior deve ser inferior a 28°C e a velocidade do vento inferior a 6 m.s⁻¹ [21.1].</p> <p>Os valores fornecidos nas leituras registadas do ensaio, neste caso, pelo <i>software TECTITE</i>, são [21.1]:</p> <ul style="list-style-type: none"> Indicador Q_{50}, que diz respeito ao valor de caudal de ar a 50 Pa; Indicador n_{50}, que se traduz no valor da permeabilidade ao ar da habitação a 50 Pa; Indicador w_{50}, que diz respeito ao valor de permeabilidade por unidade de área de pavimento a 50 Pa; Indicador q_{50}, que se traduz na permeabilidade por unidade de área de envolvente a 50 Pa. <p>Através da realização de vários ensaios, vedando sucessivamente diferentes elementos da envolvente, por exemplo, numa habitação com três pisos, é possível obter, entre outros parâmetros característicos (Figura 21.4):</p> <ol style="list-style-type: none"> Permeabilidade ao ar da habitação no seu estado atual (valor n_{50}); Permeabilidade ao ar das caixilharias exteriores; permeabilidade ao ar do pavimento; Permeabilidade ao ar do teto; Perda de carga na conduta da chaminé da cozinha. 		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIN 4108-7</td> <td><i>Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Air tightness of buildings - Requirements, recommendations and examples for planning and performance</i></td> <td>2010</td> </tr> <tr> <td>ASTM E779</td> <td><i>Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization.</i></td> <td>2010</td> </tr> <tr> <td>EN 13829 (CEN)</td> <td><i>Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method.</i></td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table> <p>INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS:</p> <p>Caso as características que se pretendam obter no estudo de determinado local, sejam as mesmas referidas no tópico da expressão de resultados, é necessário realizar os seguintes ensaios, seguindo a ordem pela qual se referiram anteriormente [21.1]:</p> <ol style="list-style-type: none"> Todas as aberturas da envolvente nas condições habituais de utilização em caso de ocupação, ou seja, janelas fechadas e chaminé desobstruída. Apenas são seladas as aberturas "anormais", de grande dimensão, como envidraçados danificados, aberturas resultantes da degradação e ausência de sifonagem nas canalizações; Conduta da chaminé selada, enquanto se mantêm as restantes condições do ensaio anterior; Mesmas condições do ensaio anterior, vedando as frinchas e juntas móveis das caixilharias exteriores; Mesmas condições do ensaio anterior, pressurizando, simultaneamente, o piso superior; Mesmas condições do ensaio descrito em c), mas agora, pressurizando o piso inferior. <p>Após a determinação dos parâmetros característicos dos vários elementos da envolvente, deve proceder-se ao estudo, quando necessário, de ações de melhoria da envolvente e voltar a realizar ensaios, para comparação de valores [21.1].</p>	Ref. #	Designação	Ano	DIN 4108-7	<i>Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Air tightness of buildings - Requirements, recommendations and examples for planning and performance</i>	2010	ASTM E779	<i>Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization.</i>	2010	EN 13829 (CEN)	<i>Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method.</i>	2000
Ref. #	Designação	Ano												
DIN 4108-7	<i>Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Air tightness of buildings - Requirements, recommendations and examples for planning and performance</i>	2010												
ASTM E779	<i>Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization.</i>	2010												
EN 13829 (CEN)	<i>Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method.</i>	2000												
 <p>Figura 21.3 - Elementos da envolvente com possibilidade de fugas de ar [21.2].</p>		VALORES DE REFERÊNCIA: <p>Como valores de referência, podem referir-se os especificados na norma DIN 4108-7 [21.3], conforme está apresentado na Tabela 21.1.</p> <p>Tabela 21.1 - Valores de referência para os índices n_{50} e q_{50} [21.3].</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Ventilação do Edifício</th> <th>n_{50}, \max (h⁻¹)</th> <th>q_{50}, \max (m³.h⁻¹.m⁻²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ventilação Natural</td> <td>3</td> <td rowspan="3">3</td> </tr> <tr> <td>Com Sistemas de Ventilação Mecânica</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Passive Houses*</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table> <p>*<i>Passive Houses</i>—Tratam-se de edifícios construídos segundo as diretrizes de projeto da norma <i>Passivhaus</i>, que asseguram um ambiente interior confortável, sem a necessidade de um sistema de aquecimento convencional [21.4].</p>	Tipo de Ventilação do Edifício	n_{50}, \max (h ⁻¹)	q_{50}, \max (m ³ .h ⁻¹ .m ⁻²)	Ventilação Natural	3	3	Com Sistemas de Ventilação Mecânica	1,5	Passive Houses*	0,6		
Tipo de Ventilação do Edifício	n_{50}, \max (h ⁻¹)	q_{50}, \max (m ³ .h ⁻¹ .m ⁻²)												
Ventilação Natural	3	3												
Com Sistemas de Ventilação Mecânica	1,5													
Passive Houses*	0,6													
ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO - "BLOWER DOOR"		21.F-10.3												

ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA		Ref. ^a 22.F-10.4
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM QUE PODE SER UTILIZADA:		In situ Laboratório <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Palavras-chave: variação dimensional; madeira; humidade relativa; higroscopicidade; teor de humidade; coeficiente de expansão		
DESCRIÇÃO: O estudo experimental da variação dimensional dos materiais de construção é importante para a caracterização do seu comportamento, nomeadamente no que se refere ao desempenho face à humidade e à durabilidade [22.1].		EQUIPAMENTO: 
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO: No Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) foi desenvolvido um protótipo através da seleção de um conjunto de equipamentos de medida que apresentasse a possibilidade da recolha de dados automática reduzindo, desta forma, a dificuldade de leituras cíclicas e exigindo-se também como fator determinante, a precisão dos sensores [22.1].		Figura 22.3 - Constituição do dispositivo experimental do LFC-FEUP [22.1].
		
Figura 22.1 - Datalogger [22.1].	Figura 22.2 - Protótipo ensaiado [22.1].	Figura 4 - Projeto do tabuleiro de ensaio [22.1].
PROCEDIMENTO DE ENSAIO: <ol style="list-style-type: none"> 1. Configuração do <i>Datalogger</i>. 2. Escalonamento e Calibração dos Sensores LSC/LDS 3. Preparar computador com <i>software MM-grafix</i> para a recolha e gestão de dados. 4. Configuração da câmara climática para a temperatura e humidade relativa desejadas e escolha do programa adequado ao ensaio em questão. 5. Colocação do provete no tabuleiro de ensaio e dar início ao ensaio. 		POTENCIALIDADES: <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de acesso ao seu interior pelo operador do ensaio, sendo dessa forma possível pesar os provetes sem grande perturbação da temperatura e da humidade relativa interiores. • Possibilidade de controlar as condições de temperatura e humidade relativa no interior da câmara através de uma unidade de controlo. • Ensaio permite obter ábaco que relaciona a variação dimensional com a humidade relativa e o respetivo teor de humidade do provete.
NOTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta-se aqui apenas uma sequência de processos, para a utilização do equipamento, aconselha-se consulta do manual de funcionamento. 		LIMITAÇÕES: <ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado de realização de ensaio. • Necessidade de técnicos especializados para operação do equipamento. • Vasto conjunto de equipamentos necessários. • Maior dificuldade de comparação de valores em materiais anisotrópicos, ou seja, de comportamento distinto consoante as direções.
22.F-10.4	TÉCNICAS DE INSPEÇÃO HIGROTÉRMICA	

CUSTO:  DIFICULDADE: 	DESTRUTIVA <input checked="" type="checkbox"/> NÃO DESTRUTIVA <input type="checkbox"/>	ENTIDADES PRESTADORAS: <ul style="list-style-type: none"> LFC - Laboratório de Física das Construções http://www.fe.up.pt/~lfc-scc <p>NOTA: Podem existir outras empresas ou laboratórios que realizam o ensaio referido nesta ficha, sendo aqui apresentadas apenas as entidades que apresentam na sua página de internet este ensaio na sua lista de serviços.</p>																		
MATERIAL NECESSÁRIO [22.1]: <ul style="list-style-type: none"> Câmara climática; Data logger; Sensores LSC/LDS; Tabuleiros para suporte dos sensores e dos provetes; Computador; Balança de precisão. <p>Por opção, não foram guardados os dados na memória do equipamento, o armazenamento e gestão dos dados determinados através do equipamento fica a cargo de um computador controlado pelo software MM-grafix.</p> <p>Desta forma é possível visualizar os gráficos das leituras em tempo real. O ambiente gráfico do programa é apresentado na Figura 22.5.</p>  <p>Figura 22.5 – Ambiente gráfico do programa MM-grafix [22.1].</p>		DOCUMENTOS NORMATIVOS: <p>Madeiras:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NP 615</td> <td>Madeiras. Determinação da retracção.</td> <td>1973</td> </tr> </tbody> </table> <p>Argamassa de assentamento e revestimentos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NBR 15261 (ABNT)</td> <td>Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retracção ou expansão linear)</td> <td>2005</td> </tr> </tbody> </table> <p>Elementos cerâmicos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ref. #</th> <th>Designação</th> <th>Ano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EN 13006</td> <td>Ceramic tiles — Definitions, classification, characteristics and marking</td> <td>2012</td> </tr> </tbody> </table>	Ref. #	Designação	Ano	NP 615	Madeiras. Determinação da retracção.	1973	Ref. #	Designação	Ano	NBR 15261 (ABNT)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retracção ou expansão linear)	2005	Ref. #	Designação	Ano	EN 13006	Ceramic tiles — Definitions, classification, characteristics and marking	2012
Ref. #	Designação	Ano																		
NP 615	Madeiras. Determinação da retracção.	1973																		
Ref. #	Designação	Ano																		
NBR 15261 (ABNT)	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retracção ou expansão linear)	2005																		
Ref. #	Designação	Ano																		
EN 13006	Ceramic tiles — Definitions, classification, characteristics and marking	2012																		
EXPRESSÃO DOS RESULTADOS: <p>Apresenta-se na Figura 22.6 um exemplo da imagem obtida no ensaio de variação dimensional dos provetes nas direções tangencial e radial para cada patamar de humidade relativa.</p>  <p>Figura 22.6 - Exemplo do gráfico obtido no ensaio de variação dimensional</p>		INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: <p>A variação dimensional pode ser descrita através de um modelo de regressão com dois parâmetros, pelo que se podem construir curvas de ajuste. Esta variação não é igual em cada intervalo de humidade relativa, é maior para humidades relativas mais elevadas [22.1].</p> <p>Uma forma de estudo e caracterização do material pela variação dimensional em cada ambiente, é através da construção de um ábaco onde se associem as várias curvas de ajuste obtidas para cada parâmetro analisado neste ensaio [22.1].</p> <p>Apresenta-se na Figura 22.7, um exemplo de um ábaco desse tipo para a madeira de carvalho.</p> <p>VALORES DE REFERÊNCIA (EXEMPLO PARA MADEIRA) :</p> <p><u>Relação entre Variação Dimensional, Humidade Relativa e Teor de Humidade para a madeira de carvalho:</u></p> <p>Após determinação, de forma independente, dos parâmetros fundamentais do fenómeno da variação dimensional, que são as extensões hígricas, a humidade relativa do ambiente e o teor de humidade da madeira, obtém-se um ábaco semelhante ao exemplo na Figura 22.7.</p>  <p>Figura 22.7 - Exemplo de ábaco obtido com os vários parâmetros do ensaio</p>																		
ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA		22.F-10.4																		

4.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CATÁLOGO

De seguida apresentam-se as referências bibliográficas do catálogo, organizadas segundo a ficha de diagnóstico a que dizem respeito:

1.Ficha 1.1 – Técnica de Detecção Acústica de Insetos Xilófagos

- [1.1] Fujii, Y. *Using acoustic emission monitoring to detect termite activity in wood*. Forest Products Journal, Vol. 40, Nº1, pg. 34-36.
- [1.2] Padrão, J. *Técnicas de Inspeção e Diagnóstico em Estruturas*. Dissertação de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.
- [1.3] Faria, J. *Reabilitação de Estruturas de Madeira*. Palestra nas 2as Jornadas de Engenharia Civil, Instituto Politécnico da Guarda, 2004.

2.Ficha 1.2 – Técnica de Inspeção Direta com Boroscópio

- [2.1] Padrão, J. *Técnicas de Inspeção e Diagnóstico em Estruturas*. Dissertação de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004
- [2.2] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12048>. Acesso em 09-05-2013.
- [2.3] <http://www.solostocks.pt>. Acesso em 10-05-2013

3.Ficha 2.1 – Ensaio de Arrancamento por Tração – Pull-Off

- [3.1] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaios laboratoriais e “in situ”*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [3.2] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção prediativa*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [3.3] RILEM MDT.D.3 – *Determination “in situ” of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate*, 2004.
- [3.4] <http://www.safeenvironments.com.au/adhesion-pull-off-testing>. Acesso em 05-04-201.
- [3.5] CEN EN 1015-12 – *Revestimentos de paredes – Ensaio de arrancamento por tracção*, 2000.
- [3.6] LOPES, A. *Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio “pull-off” na medição da resistência de aderência à tracção em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [3.7] DTU 26.1, NF P15-201 – *Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne*, 1990.
- [3.8] CEN NP EN 12004 – *Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação*, 2008.
- [3.9] EOTA, ETAG 004 – *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*, 2000.

4.Ficha 2.2 – Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito – *Martinet Baronnie* ou Choque De Esfera

[4.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção prediativa*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008

[4.2] Veiga, M. *et al. Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2004.

[4.3] ETAG 004 – *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering*, EOTA 2000

[4.4] ABNT NBR 15575-4 – *Edificações habitacionais-Desempenho; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)*, 2013

[4.5] http://www.apfac.pt/eventos/seminario_fachadas_energeticamente_eficientes_2012/2%20Orador%20Rosario%20Veiga.pdf. Acesso em 08-04-2013.

[4.6] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaios laboratoriais e “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010

[4.7] Magalhães, A., Veiga, M^a, Costa, D. *Caracterização do Estado de Conservação de Revestimentos de Paredes Antigas através de Ensaio “In Situ”*. Dois Casos de Estudo. <http://www.icvbc.cnr.it/drilling/publications/DOC%204%20VI%20SBTA.pdf>. Acesso em 08-04-2013.

5.Ficha 2.3 – Ensaio Simples com Macaco Plano (Determinação do Estado de Tensão)

[5.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[5.2] Rufo, R. *Ensaio de caracterização mecânica das alvenarias de adobe: “Flat-jack testing”*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2010.

[5.3] ASTM, C 1196-91 - *In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements*, 1991.

[5.4] Andrade, H. *Caracterização de edifícios antigos. Edifícios “Gaioleiros”*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011.

[5.5] Vicente, R., Silva, J. *Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas - Ensaio com macacos planos*. Revista Internacional Construlink, 05/2009, pág. 59.

[5.6] <http://www.ndtjames.com/v/vspfiles/templates/james10/images/wmchart1.jpg>. Acesso em 24-06-2013.

[5.7] Miranda, L. *Síntese dos Ensaio Não Destrutivos nos Edifícios da Rua de António Carneiro* (Relatório de Doutoramento). 2009.

http://afloret.files.wordpress.com/2009/04/ensaio_ndts-2.pdf. Acesso em 02-04-2013.

6.Ficha 2.4 – Ensaio Duplo com Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)

[6.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[6.2] ASTM, C 1197-91 - *In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method*, 1991.

[6.3] Andrade, H. *Caracterização de edifícios antigos. Edifícios “Gaioleiros”*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011.

[6.4] Vicente, R., Silva, J. *Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas - Ensaios com macacos planos*. Revista Internacional Construlink, 05/2009, pág. 59, 2009.

[6.5] Miranda, L. *Síntese dos Ensaios Não Destrutivos nos Edifícios da Rua de António Carneiro* (Relatório de Doutoramento), 2009.

http://afloret.files.wordpress.com/2009/04/ensaios_ndts-2.pdf. Acesso em 02-04-2013.

7.Ficha 2.5 – Ensaio Esclerométrico – Esclerómetro de Schmidt e Pendular

[7.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[7.2] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

[7.3] NP EN 12504-2 - Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico, 2012.

[7.4] Evangelista, A. *Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos*. Tese de Doutoramento em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ-Brasil, 2002.

[7.5] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

[7.6] RILEM TC 127-MS-D.7 – *Determination of pointing hardness by pendulum hammer*, 1998.

[7.7] Santos, L. *Análise “in situ” do comportamento mecânico de argamassas de revestimento de fachadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

8.Ficha 2.6 – Técnica de Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira – Resistograph

[8.1] Júnior, J. *Avaliação não destrutiva da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos*. Dissertação de Mestrado Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

[8.2] Lima J. *et al.* *Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de eucalipto*. Sci. For., Piracicaba, n. 75, p. 85-93, 2007.

[8.3] Dias, T. *Pavimentos de madeira em edifícios antigos; Diagnóstico e intervenção estrutural*. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

[8.4] Botelho, J. *et al.* *Avaliação da capacidade resistente de estruturas de madeira com recurso a ensaios “in-situ”*. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de edifícios – PATORREB 2006, Porto, 2006.

9.Ficha 3.1 – Ensaio de Ultrassons

[9.1] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12052>. Acesso em 22-04-2013.

[9.2] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

- [9.3] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12052>. Acesso em 22-04-2013.
- [9.4] Santos, L. *Análise “in-situ” do comportamento mecânico de argamassas de revestimento de fachadas*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [9.5] <http://www.factorelevante.pt/analiseUltraSons.html>. Acesso em 22-04-2013
- [9.6] IAEA. *Guidebook on non-destructive testing of concrete structures*. Viena, Austria, 2002.
- [9.7] Sampaio, C. *Caracterização do betão através de técnicas não-destrutivas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [9.8] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in-situ”*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [9.9] CEN, NP EN 12504-4 - *Ensaaios do betão nas estruturas. Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons*, 2004.
- [9.10] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [9.11] Mendonça, B. *Estudo do desempenho das argamassas hidráulicas. Influência do ligante*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007.

10.Ficha 5.1 – Técnica de Resistência de Polarização (Taxa de Corrosão em Armaduras)

- [10.1] Córias, V. *Inspeções e Ensaaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [10.2] Buono, L. *Corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado - Ensaaios eletroquímicos*. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.
- [10.3] *Execução de observações, inspeções e ensaios “in situ” não destrutivos ou reduzidamente intrusivos, de levantamento, diagnóstico e controlo de qualidade*. Caderno de encargos - Condições técnicas especiais, Parte III.
http://www.oz-diagnostico.pt/pt/docs/parte_I_fornecedor.doc. Acesso em 04-05-2013.
- [10.4] Vieira, G; Molin, D; Lima, F. *Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição*. Engenharia Civil, UM, Número 19, 2004.
- [10.5] Cascudo, O. *O controle da corrosão de armaduras de concreto*. Editora PINI, São Paulo, 1997.

11.Ficha 5.2 – Técnica de Avaliação da Profundidade de Carbonatação – Indicador de Fenolftaleína

- [11.1] Oliveira, J. *Avaliação de estruturas de edifícios em concreto armado com vistas à reabilitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.
- [11.2] Teotónico, J. – *A laboratory manual for architectural conservators*. Roma: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property (ICCROM), 1988.
- [11.3] Córias, V. *Inspeções e Ensaaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [11.4] Simas, M. *Sistemas de protecção do betão face à carbonatação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.
- [11.5] <http://www.peritos.eng.br/ferramentas/fenolftaleina>. Acesso em 16-05-2013.

[11.6] Chang, C., Chen, J. *The experimental investigation of concrete carbonation depth*, Cement and Concrete Research, 2006.

[11.7] Gonçalves, A., Salta, M. *Métodos de caracterização da resistência dos betões em ambientes agressivos*. Prevenção da Corrosão em Estruturas de Betão Armado, Seminário, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Outubro, pp. 13-55; Portugal, 1996.

[11.8] Cascudo, L. *História do Rio Grande do Norte*. Natal: Fundação José Augusto, Rio de Janeiro: Achiamé, Paróquias do Rio Grande do Norte. Mossoró: Fundação Vingt-un Rosado, 1992.

12.Ficha 5.3 – Técnica de Medição de Potenciais Elétricos (Deteção de Corrosão Ativa em Armaduras)

[12.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[12.2] Maia, J. *Inspecções e Diagnóstico. Tecnologias para a manutenção e reabilitação de estruturas*. Núcleo de Pontes, Geotecnia E Reabilitação Estrutural Direcção de Construção Civil, ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade, Oeiras, 2007.

[12.3] Rocha, F. *Leituras de potencial de corrosão em estruturas de concreto armado: Influência da relação água/cimento, da temperatura, da contaminação por cloretos, da espessura de cobrimento e do teor de umidade do concreto*. PPGECC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

[12.4] ASTM C 876 - *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*, 2009.

13.Ficha 5.4 – Técnicas de Determinação do Teor De Sais – Kit de Campo e Fitas Colorimétricas

[13.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

[13.2] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[13.3] Tuna J. *Caracterização “in situ” de eflorações e de outros compostos salinos em paramentos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro de 2011.

[13.4] http://www.pdig.pt/ensaios/medicao_teor_cloretos.html. Acesso em 13/05/2013.

[13.5] Flores-Colen, I.; Brito, J.; Freitas, VP. - *Ensaios “in-situ” e em laboratório para caracterização do desempenho em serviço de rebocos pré-doseados aplicados em fachadas de edifícios correntes*, 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, Lisboa, 2010.

[13.6] CEN, EN 1015-17 - *Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 17: Determination of Water-Soluble Chloride Content of Fresh Mortars*, 2000.

[13.7] ÖNORM B 3355-1 - *Dehumidification of masonry - Part 1: Building diagnostics and planning principles*, 2011.

14.Ficha 6.1 – Ensaio Termográfico

[14.1] Sousa, L., *Aplicação de Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2010.

- [14.2] Pina Santos, C.; Matias, L. - *Application of thermography for moisture detection: A laboratory research study*. XXX Iahs World Congress on Housing, Housing Construction: An Interdisciplinary Task (Vols. 1-3), 2002.
- [14.3] Ibarra-Castanedo, C. [et al.] - *Active infrared thermography techniques for the nondestructive testing of materials*. In: Chen, C. H. - *Ultrasonic and advanced methods for nondestructive testing and material characterization*. World Scientific Publishing, 2007.
- [14.4] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Catálogo de Equipamentos*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.
- [14.5] <http://paginas.fe.up.pt/~lfc-scc/ensaio08.html>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.6] <http://www.assotermografia.it/2010/08/termografia-blower-door-e-termoflussimetria>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.7] <http://www.fluke.com>. Acesso em 16-03-2013.
- [14.8] <http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.9] Guerrero, I., Ocaña, S. *Aplicabilidad de la termografía para la inspección de los edificios rurales: caso de una comarca española*. Informes de la construcción, Vol 55, nº 488, 12/2003, pg. 23, Espanha, 2003.
- [14.10] http://www.testosites.de/thermalimaging/pt_BR#/0/8. Acesso em 17-03-2013.

15.Ficha 7.1 – Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade

- [15.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [15.2] Silva, G. *Durabilidade e absorção por capilaridade em betão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2010.
- [15.3] LNEC E-393. *Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade*, 1993.
- [15.4] NP-EN 12390-1. *Ensaio do betão endurecido. Parte 1: Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e para os moldes*, 2012.
- [15.5] Correia, J.; Brito, J.; Pereira, A. *Absorção por capilaridade e imersão de betões produzidos com agregados grossos cerâmicos reciclados*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa. <http://www.civil.ist.utl.pt/~jcorreia/Papers/NJPaper2.pdf>. Acesso em 17-05-2013.
- [15.6] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Boletim de Ensaio - Caracterização de argamassas de reboco térmico*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [15.7] EN998-1. *Especificações para argamassas de alvenaria – Parte 1: Argamassas de reboco interior e exterior*, 2003.
- [15.8] DIN 52617. *Determination of the water absorption coefficient of construction materials*, 1987.

16.Ficha 7.2 – Ensaio de Absorção de Água Sob Baixa Pressão – Tubo De Karsten

- [16.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

[16.2] LNEC - *Bases para homologação de revestimentos pré-doseados de gesso para paramentos interiores de paredes*. Relatório 196/95 - NCCT, LNEC, Lisboa, 1995.

[16.3] LNEC, FE Pa 39.1 - *Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão*, 2002.

[16.4] Pereira Apps, C. *Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio do tubo de Karsten na medição da permeabilidade à água líquida em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

[16.5] Scartezini, L. M., et al. *Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa*. Ambiente Construído, 2002.

[16.6] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in-situ”*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.

17.Ficha 7.3 – Ensaio de Permeabilidade ao Vapor de Água

[17.1] Pinto, P. *Caracterização de barreiras para-vapor e sua aplicação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.

[17.2] Brito, V. *Influência dos revestimentos por pintura na secagem do suporte*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

[17.3] CEN, EN 998-1 - *Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar*, 2010.

[17.4] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Boletim de Ensaio - Caracterização de argamassas de reboco térmico*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

[17.5] <http://paginas.fe.up.pt/~lfc-scc/ensaio03.htm>. Acesso em 23-04-2013.

[17.6] Páscoa, L. *Índice de secagem como parâmetro em serviço dos rebocos aplicados em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa, 2008.

[17.7] Silva, L. *Análise técnico-financeira de paredes exteriores em panos simples*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

18.Ficha 9.1 – Técnicas de Monitorização de Fissuras e Fendas – Fissurómetro

[18.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

[18.2] <https://picasaweb.google.com/lh/photo/Is3VK-rDTkYG8sFg8nAh8Q>. Acesso em 20-03-2013.

[18.3] <http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=391>. Acesso em 20-03-2013.

19.Ficha 10.1 – Técnicas de Registo e Monitorização das Condições Higrotérmicas

[19.1] Pinto, J. *Avaliação do comportamento higrotérmico de uma habitação através de medições “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009

[19.2] Rocha, N. *Análise das condições higrotérmicas em espaços da biblioteca geral da Universidade de Coimbra*, Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

[19.3] <http://www.hygro-therm.com.br/informacoes.php?id=459>. Acesso em 25-05-2013.

[19.4] <http://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/termo-higrometro-pce-313.htm>. Acesso em 25-05-2013.

[19.5] ASHRAE 55 - *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1981.

[19.6] EN ISO 7730 - *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, 1993.

[19.7] DIN 1946-2 - *Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)*, 1994.

20.Ficha 10.2 – Ensaio de Condutibilidade Térmica

[20.1] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaio laboratoriais e “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

[20.2] Santos, C. e Matias, L. *ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, Versão Actualizada 2006. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2006.

[20.3] Araújo Novo, Inês. *Propriedades higrotérmicas de materiais - Construção de base de dados estocásticos para simulação higrotérmica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Julho de 2011.

[20.4] EN 993-14 - *Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (cross-array) method*, 1998.

[20.5] EN 993-15 - *Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (parallel) method*, 1998.

[20.6] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Manual de funcionamento “CT-Mètre”*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto 2002.

[20.7] Igreja, M.; Garcia, S. *Medição do coeficiente de condutibilidade térmica*. Trabalho no âmbito da disciplina de Térmica de Edifícios da Licenciatura em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.

21.Ficha 10.3 – Ensaio de Pressurização – Blower Door

[21.1] Silva, F. *Caracterização experimental e numérica da permeabilidade ao ar da envolvente e do sistema de ventilação de um edifício “Gaioleiro”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011

[21.2] <http://www.ekopassive.pl/images/BlowerDoor-Large-Buildings-2006-8.pdf>. Acesso em 02-06-2013.

[21.3] DIN 4108-7 - *Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Air tightness of buildings - Requirements, recommendations and examples for planning and performance*, 2010.

[21.4] <http://www.passive-on.org/pt>. Acesso em 09-06-2013.

22.Ficha 10.4 – Ensaio de Variação Dimensional com a Humidade Relativa

[22.1] Machado, N. *Variação dimensional da madeira devida ao seu comportamento higroscópico*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

5

APLICAÇÃO DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO A CASO DE ESTUDO

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Neste capítulo, o objetivo foi exemplificar a aplicação do Catálogo de Fichas de Diagnóstico de Engenharia Civil a um caso de estudo, fazendo uso de praticamente todas as fichas de diagnóstico que constituem o catálogo.

O caso de estudo escolhido para diagnóstico foi um conjunto de edifícios, integrados no projeto de reabilitação do Bairro de Lordelo com algumas adaptações ao projeto real, de forma a ser utilizado o maior número possível de fichas de diagnóstico e, tornar-se assim mais esclarecedor para o técnico que consultar este documento.

A abordagem para o diagnóstico destes edifícios foi baseada nas técnicas presentes no catálogo apresentado nesta dissertação, o qual se aplica na avaliação dos elementos de betão à vista dos edifícios, na avaliação dos materiais aplicados na construção inicial e ainda na avaliação dos materiais a aplicar na reabilitação destes edifícios.

Esta aplicação das fichas de diagnóstico pretende ainda, mostrar como pode ser feita a abordagem a um edifício, por parte de um profissional da área, utilizando o catálogo.

5.2. O BAIRRO DE LORDELO

O Bairro Operário de Lordelo do Ouro, como era inicialmente denominado, foi o segundo bairro a ser inaugurado na cidade do Porto, localizado na freguesia de Lordelo do Ouro. Por volta de 1903 ficou concluído o projeto de Manoel Fortunato de Oliveira Motta, que ocupava no total uma superfície de 2.880,86 m², composto por 29 casas térreas (correspondentes a uma população de 152 habitantes), com uma área total de 23 m² e dispostas em banda. Em 1932 a administração foi concedida à Câmara [43].

Em 1978, ficam concluídas as obras de construção de um novo projeto para o Bairro de Lordelo, que passa a ter 179 fogos distribuídos por quatro blocos, e onde passam a residir cerca de 450 pessoas, segundo informação da autarquia do Porto. Com o passar dos anos, o bairro foi-se degradando até que, em 2010 se inicia um projeto de requalificação dos edifícios constituintes do Bairro de Lordelo (Figura 15). Com esta requalificação, a autarquia pretendia revitalizar aquela zona e promover a qualidade de vida dos seus habitantes [44].

Na primeira fase, o Estudo de Diagnóstico para o Projeto de Reabilitação do Bairro de Lordelo, teve como principais objetivos a análise das patologias que afetavam as fachadas, coberturas e zonas interiores comuns dos edifícios e a apresentação de uma metodologia para os trabalhos de reabilitação necessários nos edifícios constituintes do projeto.

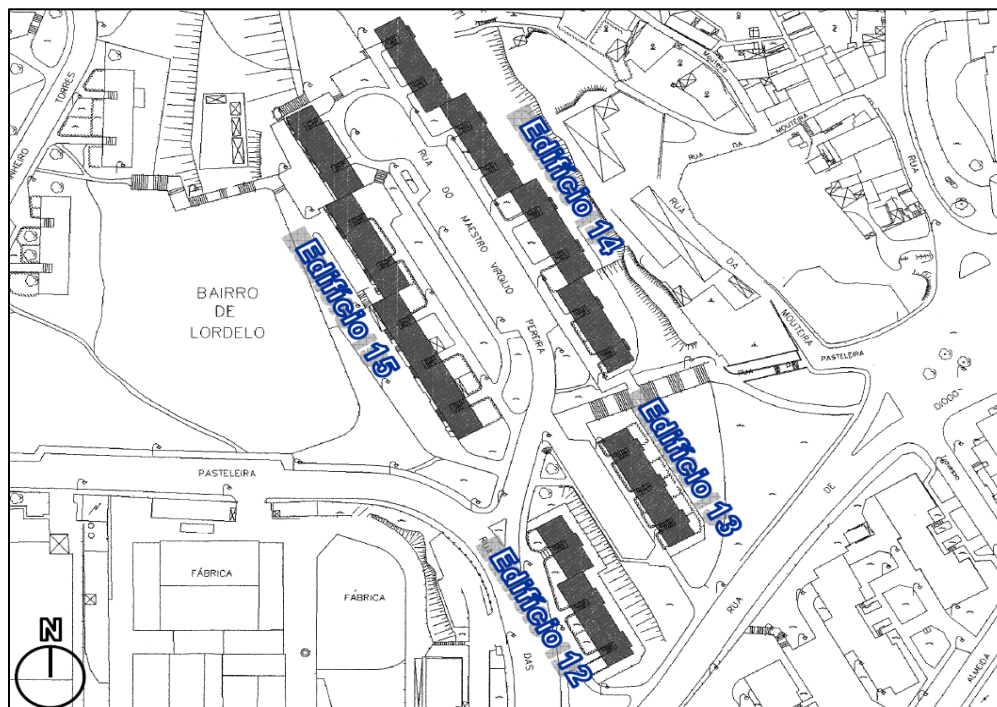


Figura 15 – Planta do Bairro de Lordelo [45].

5.3. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DOS EDIFÍCIOS

Na caracterização construtiva dos quatro edifícios, incluídos no Projeto de Reabilitação do Bairro de Lordelo, tomou-se como referência apenas um destes, aquele que servirá como modelo para o início as obras de reabilitação, e depois repetir o processo nos restantes três edifícios. Tentando desta forma, homogeneizar ao máximo todos os edifícios.

5.3.1. COBERTURAS

A cobertura do edifício, inclinada e com revestimento de chapas onduladas de fibrocimento que estão fixadas com grampos metálicos à estrutura da cobertura constituída por vigas de madeira, apoiadas em fixadores metálicos ligados a muretes em alvenaria de tijolo vazado. No desvão ventilado, criado pela estrutura da cobertura, não existe isolamento térmico para laje de separação para o piso inferior.

As chaminés do edifício são de alvenaria rebocada com uma placa de betão no topo (Figura 16). Cada uma destas chaminés destina-se a servir uma prumada de oito fogos.



Figura 16 – Cobertura em chapas de fibrocimento e pormenor de chaminé [45].

As águas pluviais que caem na cobertura são drenadas para caleiras que se encontram no limite inferior das vertentes e e, estão fixadas à cornija de betão (Figura 17).



Figura 17 – Caleiras de drenagem das águas pluviais da cobertura [45].

Algumas das tubagens provenientes dos vários pisos atravessam o revestimento da cobertura, entre as quais encontra-se a ventilação primária dos esgotos (Figura 18).



Figura 18 – Saída tubagem de ventilação primária dos esgotos [45].

Entre as discontinuidades existentes no revestimento de placas de fibrocimento, encontram-se ainda algumas aberturas de acesso à cobertura e as antenas de televisão [45].

5.3.2. PAREDES

Na zona corrente do edifício, a fachada é composta por pano exterior em alvenaria de tijolo de face à vista, caixa de ar, reboco de impermeabilização, pano interior em alvenaria de tijolo furado e revestimento interior. As paredes exteriores apresentam tubos de ventilação e drenagem na base da caixa-de-ar destas (Figura 19).



Figura 19 – Queda de parte do pano exterior da fachada evidenciando a composição da parede [45].

Ainda na fachada, apresentam-se elementos em betão à vista, como o topo das lajes, embasamentos, guardas das caixas de escadas e os elementos laterais dos corpos em balanço onde se localizam as lavandarias.

As paredes dos pisos inferiores apresentam revestimentos diferentes em cada habitação, sendo algumas revestidas com ladrilhos cerâmicos e outras rebocadas e pintadas com cores diferentes das habitações vizinhas.

Os tubos de queda das águas pluviais encontram-se fixos à fachada por meio de elementos metálicos, tal como a tubagem de ventilação dos pisos, alguns estendais para secar roupa, antenas de televisão, cabos elétricos, equipamentos de climatização, números de identificação dos edifícios, entre outros.

Nos paramentos de fachada existem ainda placas de fibrocimento fixadas mecanicamente, que se encontram sob e sobre os vãos envidraçados das habitações (Figura 20) [45].



Figura 20 – Pormenor da placa de fibrocimento na fachada [45].

5.3.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

A solução concebida originalmente para os vãos envidraçados maiores, o material escolhido foi a madeira, utilizada tanto nas caixilharias duplas de guilhotina e vidro simples, como no peitoril com os orifícios de drenagem salientes. A proteção solar é efetuada pelo estore exterior de plástico branco (Figura 21). Mas foram várias as alterações efetuadas pelos habitantes dos edifícios, como a alteração para caixilharia metálica de correr com vidro simples e estore exterior em plástico de cor branca, ou ainda para caixilharia dupla de abrir em madeira com vidro simples, com estore exterior de cor branca e mantendo o peitoril de madeira com orifícios salientes.



Figura 21 – Solução original dos vãos envidraçados [45].

Nos vãos envidraçados das casas de banho, a solução original também de madeira, trata-se de uma caixilharia basculante de vidro simples, sem qualquer proteção solar e um peitoril de madeira com orifícios de drenagem apoiados sobre a alvenaria (Figura 22). Nestas aberturas também foram várias as alterações, como por exemplo, a adaptação de caixilharia de abrir metálica com vidro simples, também sem proteção solar, ou ainda, mantendo a caixilharia, houve a adaptação estores exteriores de plástico de cor branca, com aplicação da caixa de estore pelo exterior da fachada [45].



Figura 22 – Solução original para o vão envidraçado da casa de banho [45].

5.3.4. LAVANDARIAS

Na construção inicial destes edifícios, as zonas de lavandaria foram localizadas nos corpos em balanço de betão à vista com elementos de tijolo, localizados na fachada posterior dos edifícios (Figura 23). Nesta zona das habitações houve alterações profundas, que podiam até pôr em causa a segurança das mesmas por excesso de cargas.



Figura 23 – Solução original do corpo em balanço das lavandarias [45].

Em certas frações, houve introdução de vãos envidraçados com várias configurações, noutras houve quem substituísse por uma parede de tijolo vazado ou tijolo de face à vista e, houve ainda quem colocasse uma forra pelo interior da grelha em tijolo (Figura 24).



Figura 24 – Exemplos de alterações ao corpo em balanço inicialmente destinado à lavandaria [45].

Algumas das aberturas entre os elementos laterais de betão dos corpos em balanço, foram preenchidas com alvenarias ou envidraçados. Verificou-se ainda, que nestes corpos em balanço existiam estendais fixados nos elementos cerâmicos [45].

5.3.5. CAIXAS DE ESCADA

As caixas de escada constituídas, praticamente na sua totalidade, por elementos em betão armado, as paredes, guardas e lanços de escadas. O revestimento dos pavimentos foi realizado em betonilha e, na guarda interior das escadas existe uma proteção metálica (Figura 25). No último piso da caixa de escadas, encontra-se o acesso ao desvão da cobertura.



Figura 25 – Caixa de escadas de um dos edifícios [45].

As alterações por parte dos habitantes, nesta zona passaram por alteração do revestimento do pavimento, alteração das portas de acesso aos fogos, alteração das soleiras das portas e colocação de estendais no teto junto das aberturas exteriores [45].

5.3.6. VENTILAÇÃO

Nas habitações do Bairro de Lordelo, em pisos parcialmente enterrados, verificou-se que possuem ventilação individual com tubagens em fibrocimento (Figura 26).

Na construção inicial, não foram colocados mecanismos de ventilação natural na sala e quartos. Verificou-se ainda que, as cozinhas tinham apenas extração natural de ar associada à captação de fumos e, que as chaminés, coletivas, reúnem condutas de extração provenientes de vários fogos. Na cobertura encontram-se ainda, as extremidades das tubagens relativas à ventilação primária dos esgotos.



Figura 26 – Pormenores da ventilação individual nos pisos parcialmente elevados [45].

Na parte da ventilação dos edifícios não se verificaram grandes alterações, tirando algumas habitações que introduziram dispositivos mecânicos de extração de ar nas cozinhas (Figura 27) [45].



Figura 27 – Alteração para dispositivos de extração de ar mecânicos nas cozinhas [45].

5.4. APLICAÇÃO DAS FICHAS DE DIAGNÓSTICO

Antes de qualquer intervenção, o especialista em Patologia e Reabilitação de edifícios deverá assegurar-se que possui a informação necessária e suficiente sobre cada anomalia, só assim poderá assegurar que a intervenção é a mais adequada à situação. Só com um diagnóstico exaustivo, é possível elaborar um projeto de reabilitação que proporciona da melhor forma o conforto dos habitantes, minimizando os custos de intervenção.

Neste ponto, vão enumerar-se quais as fichas de diagnóstico aplicadas nestes edifícios (Tabela 5), para avaliar o estado de conservação dos vários elementos construtivos e da construção em geral, apresentando-se imagens de algumas patologias visíveis.

Não se pretende proceder à aplicação de cada técnica, mas sim propor, dentro das técnicas já apresentadas, aquelas que possibilitam a um profissional de Engenharia Civil realizar um bom diagnóstico. O procedimento, assim como os equipamentos, normas a seguir, análise de resultados para as várias técnicas de inspeção, e ainda, algumas empresas que disponibilizam a realização dos vários ensaios, foram já dados a conhecer no capítulo 4, na ficha relativa a cada técnica de diagnóstico.

Tabela 5 – Resumo de fichas de diagnóstico utilizadas no Bairro de Lordelo.

Ficha de Diagnóstico	Utilizada	Não Utilizada
1. F-1.1 - Técnica de Detecção Acústica de Insetos Xilófagos	X	
2. F-1.2 - Técnica de Inspeção Direta com Boroscópio	X	
3. F-2.1 - Ensaio de Arrancamento por Tração - <i>Pull-Off</i>	X	
4. F-2.2 - Ensaio de Resistência ao Impacto e Atrito - <i>Martinet Baronnie</i> ou Choque de Esfera	X	
5. F-2.3 - Ensaio Simples com Macaco Plano (Determinação do Estado de Tensão)		X
6. F-2.4 - Ensaio Duplo com Macacos Planos (Determinação da Deformabilidade)		X
7. F-2.5 - Ensaio Esclerométrico - Esclerómetros <i>Schmidt</i> e Pendular	X	
8. F-2.6 - Técnica de Avaliação da Integridade de Elementos de Madeira – <i>Resistograph</i>	X	
9. F-3.1 - Ensaio de Ultrassons	X	
10. F-5.1 - Técnica de Resistência de Polarização - Taxa de Corrosão em Armaduras	X	
11. F-5.2 - Técnica de Avaliação da Profundidade de Carbonatação - Indicador de Fenolftaleína	X	
12. F-5.3 - Técnica de Medição de Potenciais Elétricos - Detecção de Corrosão Ativa em Armaduras	X	
13. F-5.4 - Técnicas de Determinação do Teor de Sais - <i>Kit</i> de Campo e Fitas Colorimétricas	X	
14. F-6.1 - Ensaio Termográfico	X	
15. F-7.1 - Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade	X	
16. F-7.2 - Ensaio de Absorção de Água Sob Baixa Pressão - Tubo de <i>Karsten</i>	X	
17. F-7.3 - Ensaio de Permeabilidade ao Vapor de Água	X	
18. F-9.1 - Técnicas de Monitorização e Fissuras e Fendas – Fissurómetro	X	
19. F-10.1 - Técnicas de Registo de Monitorização das Condições Higrótérmicas	X	
20. F-10.2 - Ensaio de Condutibilidade Térmica	X	
21. F-10.3 - Ensaio de Pressurização - <i>Blower Door</i>	X	
22. F-10.4 - Ensaio de Variação Dimensional com a Humidade Relativa	X	

Refere-se que os esquemas presentes nesta tabela, foram elaborados com base em conhecimentos adquiridos acerca das técnicas de diagnóstico, pelo que devem ser validados por estudos específicos.

5.4.1. FICHA 1.1 – TÉCNICA DE DETEÇÃO ACÚSTICA DE INSETOS XILÓFAGOS

Esta técnica aplica-se a elementos de madeira, pelo que no edifício em estudo, o principal local para se utilizar será nas estruturas de madeira de suporte da cobertura (Figura 28).



Figura 28 – Cobertura dos edifícios [45].

Embora, na análise a esta técnica de diagnóstico, se refiram vários equipamentos para o ensaio, no caso do edifício e circunstâncias em causa, é suficiente a utilização de sensores acústicos e amplificador, pois a finalidade será apenas para confirmar presença de insetos na madeira. Não se trata de um estudo aprofundado, com recurso a base de dados de sons emitidos, para detetar qual o tipo de inseto em causa.

É aconselhável a inspeção à presença de insetos xilófagos, em elementos que apresentem anomalias tanto a nível visual, como através de outros ensaios que apenas avaliam a integridade das peças. Pois, mesmo após a substituição das peças afetadas, caso haja contaminação do local, pode haver nova formação de colónias de insetos. Quando se deteta a contaminação por insetos deste tipo, pode, desde logo, aplicar-se os produtos químicos adequados para repelir a proliferação destes insetos nos elementos de substituição, bem como nos restantes onde não se detetou contaminação.

5.4.2. FICHA 1.2 – TÉCNICA DE INSPEÇÃO DIRETA COM BOROSCÓPIO

No diagnóstico a um edifício, a inspeção visual é o primeiro passo para identificação de anomalias e defeitos, bem como o próprio conhecimento do edifício. Por isso, é importante a utilização de um boroscópio, ou equipamento com a mesma finalidade, pois permite visualizar o interior de fissuras e fendas, bem como o interior de elementos construtivos seja por aberturas já existentes ou por orifícios criados pela pessoa que está a conduzir a inspeção.

No caso do edifício em estudo, este equipamento pode ser útil para inspecionar a constituição da ligação das caixilharias e caixas de estore à fachada onde estão aplicadas (Figura 29). Ou ainda, nas zonas da fachada com elementos cerâmicos em falta, onde a utilização deste equipamento permite conhecer como foi realizada a construção do pano exterior da fachada, bem como tipos de ligação entre elementos.



Figura 29 – Interior da caixa de estore [45].

5.4.3. FICHA 2.1 – ENSAIO DE ARRANCAMENTO POR TRAÇÃO – *PULL-OFF*

Este ensaio aplica-se, sobretudo a elementos verticais com revestimento exterior à base de argamassas de reboco, ladrilhos cerâmicos ou constituídos por sistema ETICS e, embora não seja tão regular, também se aplica a elementos horizontais com revestimento em elementos cerâmicos ou à base monomassas.

Neste edifício, os locais onde se poderá utilizar este ensaio a fim de avaliar o nível de aderência à estrutura de suporte, será em algumas das fachadas do rés do chão que possuem paredes rebocadas ou revestidas a pastilha cerâmica (Figura 30), e ainda nos tetos estucados de algumas habitações. Na restante fachada, o pano exterior é constituído por alvenaria de tijolo de face à vista, não se tratando de elementos colados.



Figura 30 – Revestimento em pastilha cerâmica [45].

5.4.4. FICHA 2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E ATRITO – *MARTINET BARONNIE* OU CHOQUE DE ESFERA

Nesta ficha de diagnóstico, onde foi feita uma análise completa ao ensaio de choque de esfera, também se faz referência aos ensaios de quadriculagem, de penetração controlada e de riscagem e abrasão. Estes ensaios aplicam-se na análise de elementos verticais exteriores e interiores, com revestimento à base de argamassas.

Para o edifício, estes ensaios são úteis para a avaliação do revestimento interior das habitações e as fachadas do rés do chão revestidas a argamassa.

5.4.5. FICHA 2.5 – ENSAIO ESCLEROMÉTRICO – ESCLERÓMETRO DE *SCHMIDT* E PENDULAR

Este ensaio permite avaliar, principalmente, avaliar a dureza superficial e comparar a qualidade de elementos de betão. Aplicando-se por isso às paredes e tetos da caixa de escadas (Figura 31), bem como em parte da fachada e dos corpos em balanço de betão à vista.



Figura 31 – Caixa de escadas em betão à vista [45].

Nas zonas referidas para a realização deste ensaio, deve utilizar-se o esclerómetro de Schmidt, que necessita apenas da regularização da superfície onde se vai realizar o ensaio. O esclerómetro pendular pode, eventualmente, ser aplicado nas fachadas do rés do chão revestidas com argamassas, pelo facto deste equipamento estar limitado à avaliação de elementos verticais e materiais de dureza inferior.

5.4.6. FICHA 2.6 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DE ELEMENTOS DE MADEIRA – *RESISTOGRAPH*

Na avaliação dos elementos de madeira que fazem parte da estrutura de suporte à cobertura destes edifícios, torna-se imperativo a utilização do *Resistograph*, uma vez que se tratam de edifícios já com alguns anos e, por isso, poderão verificar-se falhas de resistência nestes elementos.

Embora esta técnica de avaliação apresente algumas limitações em avaliações quantitativas, torna-se bastante útil, neste caso, na comparação entre os vários elementos constituintes da estrutura de suporte da cobertura, e caso se pretenda avaliar de forma quantitativa a resistência destes, pode recorrer-se a instrumentos como o *Sylvatest* [46].

5.4.7. FICHA 3.1 – ENSAIO DE ULTRASSONS

Esta técnica de diagnóstico, que recorre à tecnologia de ultrassons, traduz-se num ensaio com um procedimento simples, mas que fornece de forma direta e expedita várias informações acerca de elementos de argamassa. Para a realização deste ensaio deve regularizar-se a superfície de ensaio, de forma a não interferir nos resultados.

Para os edifícios do Bairro de Lordelo, pode utilizar-se este ensaio para estudar todos os elementos construtivos de argamassa, assim como no ensaio que recorre ao esclerómetro de *Schmidt*, mas neste caso obtêm-se resultados de forma direta, sem ser necessário recorrer a correlações para obter dados das características mecânicas. Permite ainda a deteção de fendas, fissuras e outras heterogeneidades que não sejam visíveis.

5.4.8. FICHA 5.1 – TÉCNICA DE RESISTÊNCIA DE POLARIZAÇÃO (TAXA DE CORROSÃO EM ARMADURAS)

São várias as situações de delaminação do betão (Figura 32), espalhadas pelos edifícios em estudo, patologias que, neste caso, acontecem principalmente pela corrosão das armaduras. Pelo que se verifica ser de extrema importância a avaliação da taxa de corrosão nas restantes armaduras.



Figura 32 – Delaminação do betão na fachada de um dos edifícios [45].

A taxa de corrosão é afetada pelas condições ambientais, como o aumento da temperatura ambiente ou da humidade relativa, levando a um aumento da taxa de corrosão. Desta forma, a altura do ano em que se fazem as leituras, bem como a localização do próprio ponto de ensaio são fatores a ter em conta na interpretação dos resultados [47].

Junto com este ensaio, deve ser analisada a profundidade de carbonatação do betão, ensaio analisado na “Ficha 5.2”, uma vez que a corrosão nas armaduras pode dever-se a fenómenos de despassivação, e ainda a medição do recobrimento das armaduras exteriores [47].

5.4.9. FICHA 5.2 – TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO – INDICADOR DE FENOLFTALEÍNA

Nos edifícios em estudo, existem vários elementos construtivos de betão à vista, apresentando em muitos casos delaminação provocada pela corrosão das armaduras. Este ensaio, tem como objetivo detetar se esta corrosão se deve à despassivação das armaduras, conforme já foi referido.

Para a realização do ensaio, é necessária a execução de furos na superfície do betão, que permitam a aplicação de uma solução alcoólica de fenolftaleína para dessa forma distinguir quais as zonas que ainda se encontram protegidas daquelas que já tenham perdido alcalinidade. Nestas últimas, quando a

profundidade de carbonatação é superior ao recobrimento das armaduras, é necessário proceder à remoção de todo o betão carbonatado, para reparação de todo elemento em causa.

5.4.10. FICHA 5.3 – TÉCNICA DE MEDIÇÃO DE POTENCIAIS ELÉTRICOS (DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS)

Este tipo de ensaios permite, assim como a técnica da resistência de polarização, analisada na “Ficha 5.1”, localizar as áreas onde o betão armado dos edifícios em estudo necessita de ser reparado ou protegido. Mas este, para além de detetar as zonas onde já está presente a corrosão, também as zonas onde esta poderá estar prestes a verificar-se, permitindo, dessa forma, atuar de antecedência na reparação do betão e proteção das armaduras.

Mais uma vez, esta técnica de diagnóstico permite inspecionar o estado das armaduras nos vários elementos de betão à vista

5.4.11. FICHA 5.4 – TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SAIS – *KIT* DE CAMPO E FITAS COLORIMÉTRICAS

As técnicas expeditas para determinação do teor de sais são importantes na análise das eflorescências que se encontram nos edifícios em estudo e que podem desenvolver-se em vários tipos de revestimento, são patologias principalmente desagradáveis a nível estético, mas que podem também levar à degradação dos próprios materiais.

Tratam-se de depósitos salinos que têm a água como agente mobilizador dos sais, mas que necessitam também de condições ambientais que proporcionem a percolação da água no material e sua evaporação. Para detetar quais os sais mais comuns presentes nestes compostos, podem utilizar-se as fitas colorimétricas, que permitem a análise por avaliação visual por comparação, ou ainda o *kit* de campo, que através do espectrofotómetro determina as concentrações por processo colorimétrico associado a diferentes comprimentos de onda.

O conhecimento dos sais que se encontram nestes depósitos, como se encontram em alguns pontos dos edifícios em estudo (Figura 33), ajuda na escolha do melhor procedimento para eliminar estas patologias, e possibilita ainda, o estudo de formas para que não sejam criadas condições que proporcionem o reaparecimento destas patologias.



Figura 33 – Zona com eflorescências na superfície de betão [45].

5.4.12. FICHA 6.1 – ENSAIO TERMOGRÁFICO

A termografia é crucial tanto na manutenção, como na reabilitação de edifícios, como é o caso do Bairro de Lordelo.

Este ensaio aplica-se na inspeção dos edifícios em causa, pois permite, no interior das habitações, detetar de forma rápida problemas na instalação elétrica, como falhas de montagem ou conexões oxidadas, problemas de aquecimento, como fugas de calor pelas molduras das janelas (Figura 34) ou pelas próprias portas e ainda os problemas de humidade, como fugas nas tubagens ou infiltrações de água por fissuras ou outras aberturas. Com esta inspeção em algumas habitações, é possível estabelecer um plano de ação geral para patologias que se repitam, bem como avaliar a necessidade de substituição de caixilharias dos vãos envidraçados e substituição da instalação elétrica ou tubagens do edifício.



Figura 34 – Possível ponto de fuga de ar na caixilharia [45].

No exterior destes edifícios, permite detetar a eventual presença de humidade no pano exterior da fachada de elementos cerâmicos, e dessa forma avaliar a necessidade de aplicação produto hidrófugo na fachada, para repelir a água da chuva.

5.4.13. FICHA 7.1 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Este ensaio aplica-se para escolha do produto hidrófugo mais adequado para aplicar nos elementos de tijolo da fachada dos edifícios, como forma de avaliar a sua eficácia quanto à absorção de água por capilaridade.

5.4.14. FICHA 7.2 – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO – TUBO DE KARSTEN

O ensaio de absorção de água sob baixa pressão permite, numa fase de diagnóstico, determinar a permeabilidade à água líquida dos elementos cerâmicos que constituem o pano exterior da fachada (Figura 35), bem como estimar o grau de degradação destes. Permite ainda avaliar as paredes à base de ligantes hidráulicos também existentes no rés do chão.



Figura 35 – Zona da parede exterior com tubo de ventilação/drenagem da caixa de ar [45].

Tendo em conta que parte dos elementos cerâmicos da fachada necessitam de ser substituídos, alguns porque apresentam fissuras e outros por apresentar elevado grau de degradação, e ainda para as zonas em que caíram alguns destes elementos, será necessário escolher um tipo de material para aplicar nestes locais, pois poderá já não existir no mercado o mesmo material. O material para substituição deve ser semelhante a nível visual, mas tem também de cumprir as várias exigências a que vai estar sujeito.

Portanto, numa fase a seguir ao diagnóstico, na escolha de elementos cerâmicos para substituição, poderá voltar a recorrer-se a esta técnica, como forma de escolher o elemento que melhor cumpre a exigência de permeabilidade à água líquida, simulando a ação da chuva.

5.4.15. FICHA 7.3 – ENSAIO DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

O ensaio de permeabilidade ao vapor de água realiza-se em laboratório, principalmente no teste de diferentes materiais e soluções construtivas. Pelo que, na fase de diagnóstico dos edifícios em estudo não tem interesse.

No entanto, como já referido em cima, os elementos cerâmicos de substituição, necessitam de avaliação, de forma a escolher aquele que melhor cumpre as exigências. Recorrendo a este ensaio, é possível comparar a permeabilidade ao vapor de água entre os vários tipos de elementos cerâmicos, dependendo do tipo de produto aplicado nestes.

5.4.16. FICHA 9.1 – TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO DE FISSURAS E FENDAS – FISSURÓMETRO

Na monitorização de fissuras e fendas, a ficha em questão analisa mais em pormenor o fissurómetro, um equipamento de fácil utilização, mas refere ainda outros como o comparador de fissuras e fendas e o medidor ótico.

O fissurómetro aplica-se mais em casos, onde o objetivo passa por monitorizar a evolução das fissuras, pelo que necessita de um período de diagnóstico ou avaliação mais longo, torna-se adequado o seu uso nas habitações em que se verifiquem fissuras de maiores dimensões, onde estas, caso ainda apresentem deslocamento, possam apresentar algum risco estrutural.

As outras duas técnicas de medição de fissuras e/ou fendas, são de aplicação imediata, servindo para medir a largura destas, pelo que não necessitam de período de monitorização. Quando na inspeção, não se possuem fissurómetros, apenas este tipo de equipamento, é possível recorrer a testemunhos de gesso, como forma de verificar se a fissura ainda apresenta ou não deslocamento.

No caso destas fissuras ou fendas apresentarem largura suficiente, é possível realizar inspeção visual do interior destas, recorrendo ao boroscópio, analisado na “Ficha 1.2”.

5.4.17. FICHA 10.1 – TÉCNICAS DE REGISTO E MONITORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGROTÉRMICAS

A avaliação do desempenho higrotérmico dos edifícios do Bairro de Lordelo é essencial, para conhecimento dos principais problemas do local, e dessa forma se propor alterações e diretrizes de projeto para melhorar o desempenho higrotérmico destas habitações, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população que aqui reside.

Esta avaliação deve realizar-se, numa primeira abordagem, pela inspeção da pessoa responsável a diferentes habitações, utilizando um termo-higrómetro, como por exemplo o *Protimeter MMS2* (Figura 13), já referido no Capítulo 3, que permite armazenar várias medições da temperatura de superfícies, de humidade relativa e temperatura ambiente e de níveis de humidade existente em diferentes materiais de revestimento interior, e permitindo ainda determinar o ponto de condensação do local em causa.

A recolha destes dados deve ser feita com, pelo menos, três medições diárias, uma pelas oito horas da manhã, quando a humidade é mais elevada, outra às duas da tarde, quando a humidade relativa é mais baixa e uma terceira medição deverá ser feita no final do dia. Só desta forma, é possível caracterizar o desempenho higrotérmico de um local, ao longo do dia, com o equipamento em causa [48].

Em alternativa existem os *dataloggers*, com registo contínuo de dados e não obrigando a várias deslocações do técnico ao local, embora não sejam capazes de recolher todos os dados possíveis de registar com um termo-higrómetro, permitem registar, ao mesmo tempo, a temperatura e humidade relativa para várias habitações ou locais, durante um período de tempo. Estes registos permitem, posteriormente, comparar o desempenho das várias habitações e escolher a melhor forma de atuação para os edifícios em estudo, promovendo a qualidade de vida dos seus habitantes.

5.4.18. FICHA 10.2 – ENSAIO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

O ensaio de condutibilidade térmica, embora exista um método possível de realizar *in situ*, é um ensaio que se realiza, normalmente, em laboratório independentemente do método utilizado. Este ensaio, assim como o ensaio de permeabilidade ao vapor de água, analisado na “Ficha 7.03”, não se trata de uma técnica de diagnóstico de um material, elemento construtivo ou solução construtiva em serviço, é necessária a elaboração de um modelo ou utilizar parte retirada da construção para realizar a análise.

No caso dos edifícios em estudo, mais uma vez, esta técnica não tem interesse na fase de diagnóstico, mas verifica-se útil na fase de escolha de materiais, servindo para comparar os resultados das várias soluções em termos de condutibilidade térmica, como por exemplo na escolha do melhor material de isolamento para colocar no interior dos painéis compósitos (Figura 36), que irão substituir as placas de fibrocimento (Figura 37), solução inicialmente aplicada subjacente aos vãos envidraçados.



Figura 36 – Painéis compósitos com isolamento no interior, para substituição das placas de fibrocimento [45].



Figura 37 – Placas de fibrocimento junto dos vãos envidraçados [45].

5.4.19. FICHA 10.3 – ENSAIO DE PRESSURIZAÇÃO – *BLOWER DOOR*

Ao utilizar este ensaio, no diagnóstico dos edifícios em estudo, pretende-se, sem qualquer destruição de elementos construtivos, avaliar a permeabilidade ao ar da envolvente das habitações, identificando possíveis fugas de ar, e dessa forma minimizando gastos energéticos de aquecimento/arrefecimento.

Para que se possam tirar conclusões, a nível geral nos edifícios, devem realizar-se ensaios em várias habitações escolhidas estrategicamente, para que se identifiquem eventuais fugas que se repetem nas várias habitações. Como por exemplo, no caso de se verificarem algumas falhas na ligação entre as molduras das portas e janelas e os elementos estruturais de suporte de uma habitação, isto poderão traduzir-se, possivelmente, em pontos de fuga de ar, e deve por isso estudar-se a sua influência e afetação nas restantes habitações.

Outro dado que se pode retirar deste ensaio, embora não seja de medição direta, é a taxa de renovação de ar, que pode ser estimada analiticamente.

Este ensaio tem todo o interesse de voltar a realizar-se após as obras de reabilitação e implementação de medidas de melhoria, para que se estabeleçam coeficientes característicos de melhoria do edifício na permeabilidade ao ar da envolvente.

5.4.20. FICHA 10.4 – ENSAIO DE VARIAÇÃO DIMENSIONAL COM A HUMIDADE RELATIVA

Este ensaio laboratorial permite estudar como podem variar as dimensões de um material, como por exemplo, para um elemento de madeira, que pode sofrer variações dimensionais mais ou menos significativas quando sujeito a diferentes condições higrotérmicas, permite avaliar qual poderá ser essa variação quando sujeito às condições da construção em que vai ser aplicado, e dessa forma adotar as folgas necessárias para evitar anomalias de funcionamento.

Nos edifícios do Bairro de Lordelo, torna-se um ensaio útil para caracterizar os elementos de madeira, que poderão ser aplicados na moldura interior dos vãos envidraçados (Figura 38) e elementos da estrutura de suporte à cobertura que onde sejam detetadas anomalias. Os resultados destes ensaios permitirão, em projeto de execução e fabrico dos elementos, adotar as folgas necessárias para variação dimensional do material ao longo do ano.



Figura 38 – Possível solução para a moldura interior dos vãos envidraçados (protótipo de ensaio) [45].

5.5. TABELA DE RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS E TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

Apresenta-se na Tabela 6 um resumo das aplicações de cada ficha de diagnóstico em cada elemento construtivo estudado neste caso de estudo.

Tabela 6 – Tabela de Ligação de Elementos Construtivos e Técnicas de Diagnóstico

	F-1.1	F-1.2	F-2.1	F-2.2	F-2.3	F-2.4	F-2.5	F-2.6	F-3.1	F-5.1	F-5.2	F-5.3	F-5.4	F-6.1	F-7.1	F-7.2	F-7.3	F-9.1	F-10.1	F-10.2	F-10.3	F-10.4
ELEMENTOS INTERIORES																						
Revestimento interior de paredes	○	○	●	●	X	X	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	●	●	○	○
Revestimento cerâmico	○	○	●	●	X	X	○	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	●	●	○	○	○
Caixilharias + Infiltrações	○	●	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●	○	●	●
Caixas de estore	○	●	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	●	○
Revestimento de teto	○	●	○	○	X	X	○	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	●	●	○	○
Revestimento de pavimento	○	●	○	○	X	X	○	○	●	○	○	○	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○
Elementos da caixa de escadas em betão à vista	○	○	○	○	X	X	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	○	○	○
Revestimento de pavimento da caixa de escadas	○	○	○	○	X	X	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	○	○	○
ELEMENTOS EXTERIORES																						
Revestimento exterior à base de ligantes hidráulicos	○	○	●	●	X	X	○	○	●	○	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●	○	○
Revestimento cerâmico	○	○	●	●	X	X	○	○	○	○	○	○	●	●	○	●	○	●	●	○	○	○
Estrutura em madeira de suporte da cobertura	●	○	○	○	X	X	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	●
Pano exterior da parede de fachada em tijolo perfurado	○	●	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	●	○	○	●
Paramentos exteriores em betão à vista	○	○	○	○	X	X	●	○	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	○	○	○
OUTROS																						
Isolamento térmico	○	●	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	●	○	●	○	○	○

● → Aplica-se.

○ → Não se aplica.

◐ → Aplica-se condicionadamente.

X → Técnica de Diagnóstico não utilizada no caso de estudo.

Refere-se que esta matriz foi elaborada com base em conhecimentos adquiridos acerca da aplicabilidade das várias técnicas de diagnóstico, pelo que deve ser validada por estudos específicos.

6

CONCLUSÃO

6.1. CONCLUSÕES

Neste capítulo pretende-se resumir as principais conclusões deste trabalho, mais concretamente do estudo de algumas das técnicas de diagnóstico de edifícios utilizadas em Engenharia Civil, para a compilação de um catálogo com fichas de diagnóstico com vista a servir o técnico na abordagem a um edifício para reabilitação.

No que se refere ao objetivo de informar os técnicos de reabilitação de edifícios e restantes intervenientes no processo, concluiu-se que o modelo adotado engloba os principais tópicos de cada técnica de diagnóstico de forma completa e expedita. Ainda em relação ao estudo destas técnicas, foi possível aprofundar os conhecimentos anteriormente adquiridos e conhecer outras técnicas que ao longo do curso não tinham sido abordadas.

A preparação do catálogo iniciou-se com a elaboração de um modelo de ficha de consulta rápida, que evoluiu ao longo da abordagem das diferentes técnicas de diagnóstico para dar resposta a diversas particularidades, culminando na compilação de 22 fichas de diagnóstico, cujo formato de apresentação se verificou de fácil adaptação a cada técnica abordada.

Acerca da aplicação das fichas na análise do conjunto de edifícios referido no capítulo 5, começou por se selecionar quais as técnicas que teriam aplicabilidade no seu diagnóstico. Desta forma, exemplificou-se a utilização do catálogo num caso concreto. No caso descrito, foram aplicadas 20 das 22 fichas de diagnóstico experimental do catálogo, que se revelaram úteis na avaliação das seguintes características: estado de materiais de revestimento, elementos de betão à vista, estrutura de madeira da cobertura e ainda condições higrotérmicas no interior das habitações. As restantes fichas não tiveram aplicabilidade na inspeção exemplificada, pois não se adequavam às patologias verificadas nos edifícios.

Ainda na aplicação ao caso concreto, verificou-se que algumas das técnicas selecionadas se focalizam numa avaliação mais a nível estrutural do edifício, afastando-se um pouco da área de especialização de construções, em que se insere esta dissertação e na qual existe maior nível de conhecimento.

Os objetivos iniciais, de forma generalizada, foram cumpridos, embora inicialmente estivesse planeada a realização de um catálogo que abordasse cada uma das técnicas apresentadas no capítulo 2, mas que não foi possível devido, principalmente, ao período de tempo que se verificou curto à medida que se foi concluindo cada ficha, mas também pela dificuldade que existe na pesquisa de informações acerca dos ensaios realizados e resultados obtidos.

A realização deste trabalho foi gratificante e contribuiu para o aprofundamento dos conhecimentos próprios numa área de interesse para o futuro como é a reabilitação de edifícios.

No decorrer do período de elaboração da tese, que se verificou curto, foi possível contactar e interagir com profissionais da área e assistir à realização de ensaios, nomeadamente ensaios de arrancamento, o que ajuda na compreensão da realidade de execução do ensaio, bem como a importância e a mais-valia da troca de experiências na realização do mesmo, para se tornar mais simples o preenchimento das fichas, pois é o conhecimento de situações pontuais que preparam o profissional para o ensaio que vai realizar.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Numa altura em que a reabilitação de edifícios parece ser uma aposta viável, é essencial facultar aos profissionais de Engenharia Civil as diretrizes necessárias para a realização de um diagnóstico completo e devidamente sustentado.

Para que se torne possível, pretende-se com esta dissertação dar início à preparação de vários recursos de formação aos profissionais da área, sendo necessária a colaboração entre as universidades e laboratórios com estudos e trabalhos acerca deste tema. Seria de todo o interesse, a preparação de recursos, como:

- A elaboração e divulgação de um livro com as fichas de diagnóstico com explicação das várias técnicas utilizadas em Engenharia Civil para diagnóstico de edifícios;
- A elaboração e divulgação de uma página de internet, com uma síntese dessas mesmas fichas de diagnóstico utilizadas no diagnóstico de edifícios;
- E ainda, a preparação e realização de ações de formação para profissionais com interesse de trabalhar em obras de reabilitação.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sousa, M. *Patologia da Construção – Elaboração de um Catálogo*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [2] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. Lisboa, 2006.
- [3] Fujii, Y - *Using Acoustic Emission Monitoring to Detect Termite Activity in Wood*. *Forest Products Journal*. Vol. 40. n.º 1, (1990). p. pg. 34-36.
- [4] Padrão, J. *Técnicas de Inspeção e Diagnóstico em Estruturas*. Dissertação de mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [5] Oliveira, J. *Avaliação de Estruturas de Edifícios em Concreto Armado com Vistas à Reabilitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, 2008.
- [6] Oliveira, R. *Análise de Práticas de Conservação e Reabilitação de Edifícios com Valor Patrimonial*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.
- [7] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaios laboratoriais e “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [8] Flores-Colen, I. *Metodologia de Avaliação do Desempenho em Serviço de Fachadas Rebocadas na Óptica da Manutenção Predicativa*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2009.
- [9] Júnior, J. *Avaliação Não Destrutiva da Capacidade Resistente de Estruturas de Madeira de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.
- [10] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12066>, Acesso em 01-06-2013.
- [11] <http://arrabiserve.pai.pt/ms/ms/arrabiserve-servicos-de-limpeza-e-conservacao-lda-limpeza-e-conservacao-2910-039-setubal/ms-90050234-p-2/>, Acesso em 07-05-2013.
- [12] <http://www.ncrep.pt/section.php?id=1443>, Acesso em 02-05-2013.
- [13] <http://forumdacasa.com/extensions/InlineImages/image.jpg.php?AttachmentID=48150>, Acesso em 02-06-2013.
- [14] <http://feg.mota-engil.pt/actividades/ensaios-integridade-estacas/>, Acesso em 03-06-2013.
- [15] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12053>, Acesso em 01-06-2013.
- [16] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12052>, Acesso em 29-03-2013.
- [17] Pinho, F.; Baião, M.; Lúcio, V. *Técnicas de Consolidação de Paredes de Edifícios Antigos*. LNEC, Lisboa, 2003.
- [18] <http://www.engenhariacivil.com/controlo-monitorizacao-vibracoes-estruturais>, Acesso em 03-06-2013.

- [19] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12057>, Acesso em 03-06-2013.
- [20] Bueno, L. *Corrosão de Armaduras em Estruturas de Concreto Armado - Ensaio Eletroquímico*. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.
- [21] Teotónico, JM. *A Laboratory Manual for Architectural Conservations*. International Centre for the Study of Preservation of Cultural Property (ICCROM), 1988.
- [22] Maia, J. *Inspecções e Diagnósticos – Tecnologia para a Manutenção e Reabilitação de Estruturas*. ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, 2007.
- [23] <http://www.labgeo.pt/areas-de-actuacao/geologia-e-geotecnia/georadar/>, Acesso em 02-06-2013.
- [24] Silva, G. *Durabilidade e absorção por capilaridade em betão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, 2010.
- [25] LNEC - *Bases para homologação de revestimentos pré-doseados de gesso para paramentos interiores de paredes*. Relatório 196/95 do NCCT, LNEC, 1995.
- [26] Pinto, P. *Caracterização de barreiras para-vapor e sua aplicação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [27] Guerrero, I.; Ocaña, S. *Aplicabilidad de la Termografía para la Inspección de los Edificios Rurales: Caso de una Comarca Española*. *Informes de la construcción*. Vol. 55. n.º 488, 12/2003, Espanha, (2003).
- [28] <http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html>, Acesso em 17-03-2013.
- [29] <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/home/default>, Acesso em 16-03-2013.
- [30] http://www.testosites.de/thermalimaging/pt_BR#/0/8, Acesso em 17-03-2013.
- [31] Freitas, SS.; Freitas, VP.; Barreira, E. *Aplicação da termografia de infravermelho ao diagnóstico do destacamento do revestimento de fachadas*. XII Congresso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción CONPAT, 2013. (em impressão)
- [32] <http://engivert.com/>, Acesso em 03-06-2013.
- [33] <http://www.ncrep.pt/section.php?id=1439>, Acesso em 09-06-2013.
- [34] Pinto, J. *Avaliação do comportamento higrotérmico de uma habitação através de medições “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [35] Rocha, N. *Análise das condições higrotérmicas em espaços da biblioteca geral da Universidade de Coimbra*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2011.
- [36] Silva, F. *Caracterização experimental e numérica da permeabilidade ao ar da envolvente e do sistema de ventilação de um edifício “Gaioleiro”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2011.
- [37] Machado, N. *Variação dimensional da madeira devida ao seu comportamento higroscópico*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.
- [38] *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*. 2010.

- [39] *Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV And PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. 2005.
- [40] *Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)*. 1994.
- [41] http://www.emlab.com/m/store/008-3516-00_Lg.jpg/, Acesso em 14-06-2013.
- [42] *Ergonomics of the Thermal Environment - Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. 1993.
- [43] <http://doportoenaoso.blogspot.pt/2010/12/os-bairros-sociais-no-porto-i.html>, Acesso em 27-05-2013.
- [44] http://www.portaldahabitacao.pt/pt/ihru/premios/premioihru/Fichas/2011_F06.html, Acesso em 27-05-2013.
- [45] Freitas, VP. et al. *Projeto de Reabilitação do Bairro de Lordelo*. Prof. Engº Vasco Peixoto Freitas, Lda. – Consultoria & Projetos, 2009.
- [46] Dias, T. *Pavimentos de Madeira em Edifícios Antigos: Diagnóstico e Intervenção Estrutural*. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [47] Córias, V.; Mesquita, C.; Vicente, A. *Inspecção de Estruturas de Betão Armado Deterioradas por Corrosão de Armaduras*. LNEC, 1998.
- [48] Catarino, I. *Análise das condições Higrotérmicas na Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2010.

Referências Bibliográficas do Catálogo

- [1.1] Fujii, Y. *Using acoustic emission monitoring to detect termite activity in wood*. Forest Products Journal, Vol. 40, Nº1, pg. 34-36.
- [1.2] Padrão, J. *Técnicas de Inspecção e Diagnóstico em Estruturas*. Dissertação de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.
- [1.3] Faria, J. *Reabilitação de Estruturas de Madeira*. Palestra nas 2as Jornadas de Engenharia Civil, Instituto Politécnico da Guarda, 2004.
- [2.1] Padrão, J. *Técnicas de Inspecção e Diagnóstico em Estruturas*. Dissertação de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.
- [2.2] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12048>. Acesso em 09-05-2013.
- [2.3] <http://www.solostocks.pt>. Acesso em 10-05-2013.
- [3.1] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaios laboratoriais e “in situ”*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

- [3.2] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção preditiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [3.3] RILEM MDT.D.3 – *Determination “in situ” of the adhesive strength of rendering and plastering mortars to their substrate*, 2004.
- [3.4] <http://www.safeenvironments.com.au/adhesion-pull-off-testing>. Acesso em 05-04-2011.
- [3.5] CEN EN 1015-12 – *Revestimentos de paredes – Ensaio de arrancamento por tracção*, 2000.
- [3.6] LOPES, A. *Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio “pull-off” na medição da resistência de aderência à tracção em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [3.7] DTU 26.1, NF P15-201 – *Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne*, 1990.
- [3.8] CEN NP EN 12004 – *Colas para ladrilhos. Requisitos, avaliação da conformidade, classificação e designação*, 2008.
- [3.9] EOTA, ETAG 004 – *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*, 2000.
- [4.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção preditiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008
- [4.2] Veiga, M. *et al. Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2004.
- [4.3] ETAG 004 – *Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering*, EOTA 2000
- [4.4] ABNT NBR 15575-4 – *Edificações habitacionais-Desempenho; Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)*, 2013
- [4.5] http://www.apfac.pt/eventos/seminario_fachadas_energeticamente_eficientes_2012/2%20Orador%20Rosario%20Veiga.pdf. Acesso em 08-04-2013.
- [4.6] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaios laboratoriais e “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010
- [4.7] Magalhães, A., Veiga, M^a, Costa, D. *Caracterização do Estado de Conservação de Revestimentos de Paredes Antigas através de Ensaios “In Situ”*. Dois Casos de Estudo. <http://www.icvbc.cnr.it/drilling/publications/DOC%204%20VI%20SBTA.pdf>. Acesso em 08-04-2013.
- [5.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [5.2] Rufo, R. *Ensaio de caracterização mecânica das alvenarias de adobe: “Flat-jack testing”*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2010.

- [5.3] ASTM, C 1196-91 - *In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements*, 1991.
- [5.4] Andrade, H. *Caracterização de edifícios antigos. Edifícios “Gaioleiros”*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011.
- [5.5] Vicente, R., Silva, J. *Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas - Ensaios com macacos planos*. Revista Internacional Construlink, 05/2009, pág. 59.
- [5.6] <http://www.ndtjames.com/v/vspfiles/templates/james10/images/wmchart1.jpg>. Acesso em 24-06-2013.
- [5.7] Miranda, L. *Síntese dos Ensaios Não Destrutivos nos Edifícios da Rua de António Carneiro* (Relatório de Doutoramento). 2009.
- http://afloret.files.wordpress.com/2009/04/ensaios_ndts-2.pdf. Acesso em 02-04-2013.
- [6.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [6.2] ASTM, C 1197-91 - *In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flatjack Method*, 1991.
- [6.3] Andrade, H. *Caracterização de edifícios antigos. Edifícios “Gaioleiros”*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011.
- [6.4] Vicente, R., Silva, J. *Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas - Ensaios com macacos planos*. Revista Internacional Construlink, 05/2009, pág. 59, 2009.
- [6.5] Miranda, L. *Síntese dos Ensaios Não Destrutivos nos Edifícios da Rua de António Carneiro* (Relatório de Doutoramento), 2009.
- http://afloret.files.wordpress.com/2009/04/ensaios_ndts-2.pdf. Acesso em 02-04-2013.
- [7.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [7.2] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [7.3] NP EN 12504-2 - Ensaio do betão nas estruturas. Parte 2: Ensaio não destrutivo. Determinação do índice esclerométrico, 2012.
- [7.4] Evangelista, A. *Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos*. Tese de Doutoramento em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ-Brasil, 2002.
- [7.5] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [7.6] RILEM TC 127-MS-D.7 – *Determination of pointing hardness by pendulum hammer*, 1998.
- [7.7] Santos, L. *Análise “in situ” do comportamento mecânico de argamassas de revestimento de fachadas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

- [8.1] Júnior, J. *Avaliação não destrutiva da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos*. Dissertação de Mestrado Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.
- [8.2] Lima J. et al. *Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de eucalipto*. Sci. For., Piracicaba, n. 75, p. 85-93, 2007.
- [8.3] Dias, T. *Pavimentos de madeira em edifícios antigos; Diagnóstico e intervenção estrutural*. Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.
- [8.4] Botelho, J. et al. *Avaliação da capacidade resistente de estruturas de madeira com recurso a ensaios “in-situ”*. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de edifícios – PATORREB 2006, Porto, 2006.
- [9.1] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12052>. Acesso em 22-04-2013.
- [9.2] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [9.3] <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=12052>. Acesso em 22-04-2013.
- [9.4] Santos, L. *Análise “in-situ” do comportamento mecânico de argamassas de revestimento de fachadas*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [9.5] <http://www.factorrelevante.pt/analiseUltraSons.html>. Acesso em 22-04-2013
- [9.6] IAEA. *Guidebook on non-destructive testing of concrete structures*. Viena, Austria, 2002.
- [9.7] Sampaio, C. *Caracterização do betão através de técnicas não-destrutivas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [9.8] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in-situ”*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [9.9] CEN, NP EN 12504-4 - *Ensaio do betão nas estruturas. Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons*, 2004.
- [9.10] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [9.11] Mendonça, B. *Estudo do desempenho das argamassas hidráulicas. Influência do ligante*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007.
- [10.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [10.2] Buono, L. *Corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado - Ensaio eletroquímicos*. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.
- [10.3] *Execução de observações, inspecções e ensaios “in situ” não destrutivos ou reduzidamente intrusivos, de levantamento, diagnóstico e controlo de qualidade*. Caderno de encargos - Condições técnicas especiais, Parte III.
- http://www.oz-diagnostico.pt/pt/docs/parte_I_fornecedor.doc. Acesso em 04-05-2013.

- [10.4] Vieira, G; Molin, D; Lima, F. *Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição*. Engenharia Civil, UM, Número 19, 2004.
- [10.5] Cascudo, O. *O controle da corrosão de armaduras de concreto*. Editora PINI, São Paulo, 1997.
- [11.1] Oliveira, J. *Avaliação de estruturas de edifícios em concreto armado com vistas à reabilitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.
- [11.2] Teotónico, J. – *A laboratory manual for architectural conservators*. Roma: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property (ICCROM), 1988.
- [11.3] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [11.4] Simas, M. *Sistemas de protecção do betão face à carbonatação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.
- [11.5] <http://www.peritos.eng.br/ferramentas/fenolftaleina>. Acesso em 16-05-2013.
- [11.6] Chang, C., Chen, J. *The experimental investigation of concrete carbonation depth*, Cement and Concrete Research, 2006.
- [11.7] Gonçalves, A., Salta, M. *Métodos de caracterização da resistência dos betões em ambientes agressivos*. Prevenção da Corrosão em Estruturas de Betão Armado, Seminário, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Outubro, pp. 13-55; Portugal, 1996.
- [11.8] Cascudo, L. *História do Rio Grande do Norte*. Natal: Fundação José Augusto, Rio de Janeiro: Achiamé, Paróquias do Rio Grande do Norte. Mossoró: Fundação Vingt-un Rosado, 1992.
- [12.1] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [12.2] Maia, J. *Inspecções e Diagnóstico. Tecnologias para a manutenção e reabilitação de estruturas*. Núcleo de Pontes, Geotecnia E Reabilitação Estrutural Direcção de Construção Civil, ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade, Oeiras, 2007.
- [12.3] Rocha, F. *Leituras de potencial de corrosão em estruturas de concreto armado: Influência da relação água/cimento, da temperatura, da contaminação por cloretos, da espessura de cobrimento e do teor de umidade do concreto*. PPGECC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- [12.4] ASTM C 876 - *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*, 2009.
- [13.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [13.2] Córias, V. *Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.
- [13.3] Tuna J. *Caracterização “in situ” de eflorescências e de outros compostos salinos em paramentos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Outubro de 2011.
- [13.4] http://www.pdig.pt/ensaios/medicao_teor_cloretos.html. Acesso em 13/05/2013.

- [13.5] Flores-Colen, I.; Brito, J.; Freitas, VP. - *Ensaaios “in-situ” e em laboratório para caracterização do desempenho em serviço de rebocos pré-doseados aplicados em fachadas de edifícios correntes*, 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, Lisboa, 2010.
- [13.6] CEN, EN 1015-17 - *Methods of Test for Mortar for Masonry - Part 17: Determination of Water-Soluble Chloride Content of Fresh Mortars*, 2000.
- [13.7] ÖNORM B 3355-1 - *Dehumidification of masonry - Part 1: Building diagnostics and planning principles*, 2011.
- [14.1] Sousa, L., *Aplicação de Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2010.
- [14.2] Pina Santos, C.; Matias, L. - *Application of thermography for moisture detection: A laboratory research study*. XXX Iahs World Congress on Housing, Housing Construction: An Interdisciplinary Task (Vols. 1-3), 2002.
- [14.3] Ibarra-Castanedo, C. [et al.] - *Active infrared thermography techniques for the nondestructive testing of materials*. In: Chen, C. H. - *Ultrasonic and advanced methods for nondestructive testing and material characterization*. World Scientific Publishing, 2007.
- [14.4] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Catálogo de Equipamentos*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.
- [14.5] <http://paginas.fe.up.pt/~lfc-scc/ensaio08.html>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.6] <http://www.assotermografia.it/2010/08/termografia-blower-door-e-termoflussimetria>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.7] <http://www.fluke.com>. Acesso em 16-03-2013.
- [14.8] <http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html>. Acesso em 17-03-2013.
- [14.9] Guerrero, I., Ocaña, S. *Aplicabilidad de la termografía para la inspección de los edificios rurales: caso de una comarca española*. Informes de la construcción, Vol 55, nº 488, 12/2003, pg. 23, Espanha, 2003.
- [14.10] http://www.testosites.de/thermalimaging/pt_BR#/0/8. Acesso em 17-03-2013.
- [15.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [15.2] Silva, G. *Durabilidade e absorção por capilaridade em betão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2010.
- [15.3] LNEC E-393. *Betões. Determinação da absorção de água por capilaridade*, 1993.
- [15.4] NP-EN 12390-1. *Ensaaios do betão endurecido. Parte 1: Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e para os moldes*, 2012.
- [15.5] Correia, J.; Brito, J.; Pereira, A. *Absorção por capilaridade e imersão de betões produzidos com agregados grossos cerâmicos reciclados*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa. <http://www.civil.ist.utl.pt/~jcorreia/Papers/NJPaper2.pdf>. Acesso em 17-05-2013.

- [15.6] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Boletim de Ensaio - Caracterização de argamassas de reboco térmico*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [15.7] EN998-1. *Especificações para argamassas de alvenaria – Parte 1: Argamassas de reboco interior e exterior*, 2003.
- [15.8] DIN 52617. *Determination of the water absorption coefficient of construction materials*, 1987.
- [16.1] Flores-Colen, I. *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.
- [16.2] LNEC - *Bases para homologação de revestimentos pré-doseados de gesso para paramentos interiores de paredes*. Relatório 196/95 - NCCT, LNEC, Lisboa, 1995.
- [16.3] LNEC, FE Pa 39.1 - *Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão*, 2002.
- [16.4] Pereira Apps, C. *Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio do tubo de Karsten na medição da permeabilidade à água líquida em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2011.
- [16.5] Scartezini, L. M., et al. *Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa*. Ambiente Construído, 2002.
- [16.6] Gonçalves, A. *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio “in-situ”*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.
- [17.1] Pinto, P. *Caracterização de barreiras para-vapor e sua aplicação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.
- [17.2] Brito, V. *Influência dos revestimentos por pintura na secagem do suporte*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.
- [17.3] CEN, EN 998-1 - *Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar*, 2010.
- [17.4] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Boletim de Ensaio - Caracterização de argamassas de reboco térmico*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.
- [17.5] <http://paginas.fe.up.pt/~lfc-scc/ensaio03.htm>. Acesso em 23-04-2013.
- [17.6] Páscoa, L. *Índice de secagem como parâmetro em serviço dos rebocos aplicados em paredes exteriores*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa, 2008.
- [17.7] Silva, L. *Análise técnico-financeira de paredes exteriores em panos simples*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.
- [18.1] Córias, V. *Inspeções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios*. IST PRESS, Lisboa, 2006.

- [18.2] <https://picasaweb.google.com/lh/photo/Is3VK-rDTkYG8sFg8nAh8Q>. Acesso em 20-03-2013.
- [18.3] <http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=391>. Acesso em 20-03-2013.
- [19.1] Pinto, J. *Avaliação do comportamento higrotérmico de uma habitação através de medições “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009
- [19.2] Rocha, N. *Análise das condições higrotérmicas em espaços da biblioteca geral da Universidade de Coimbra*, Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- [19.3] <http://www.hygro-therm.com.br/informacoes.php?id=459>. Acesso em 25-05-2013.
- [19.4] <http://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/termo-higrometro-pce-313.htm>. Acesso em 25-05-2013.
- [19.5] ASHRAE 55 - *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1981.
- [19.6] EN ISO 7730 - *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, 1993.
- [19.7] DIN 1946-2 - *Ventilation and air conditioning; technical health requirements (VDI ventilation rules)*, 1994.
- [20.1] Rodrigues, M. *Caracterização de materiais e sistemas construtivos através de ensaio laboratoriais e “in situ”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [20.2] Santos, C. e Matias, L. *ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, Versão Actualizada 2006. LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2006.
- [20.3] Araújo Novo, Inês. *Propriedades higrotérmicas de materiais - Construção de base de dados estocásticos para simulação higrotérmica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Julho de 2011.
- [20.4] EN 993-14 - *Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (cross-array) method*, 1998.
- [20.5] EN 993-15 - *Methods of test for dense shaped refractory products – Determination of thermal conductivity by the hot-wire (parallel) method*, 1998.
- [20.6] Laboratório de Física das Construções (LFC). *Manual de funcionamento “CT-Mètre”*. LFC, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto 2002.
- [20.7] Igreja, M.; Garcia, S. *Medição do coeficiente de condutibilidade térmica*. Trabalho no âmbito da disciplina de Térmica de Edifícios da Licenciatura em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.

[21.1] Silva, F. *Caracterização experimental e numérica da permeabilidade ao ar da envolvente e do sistema de ventilação de um edifício “Gaioleiro”*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2011

[21.2] <http://www.ekopassive.pl/images/BlowerDoor-Large-Buildings-2006-8.pdf>. Acesso em 02-06-2013.

[21.3] DIN 4108-7 - *Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 7: Air tightness of buildings - Requirements, recommendations and examples for planning and performance*, 2010.

[21.4] <http://www.passive-on.org/pt>. Acesso em 09-06-2013.

[22.1] Machado, N. *Variação dimensional da madeira devida ao seu comportamento higroscópico*. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.